

F. ARAMBURU



MOTORES
DE
VIENTO



LEONARDO
CANETO
MONTAÑA

871
C

25353

621448

YANT/116

FUNDACION JUANELO TURRIANO
BIBLIOTECA



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

MOTORES DE VIENTO

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS MODERNOS AMERICANOS

POR

FERNANDO ARAMBURU

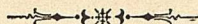
MIEMBRO DE LA INSTITUCIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS DE INGLATERRA,

AUTOR DE «MOLINERÍA Y PANADERÍA EN ALEMANIA,»

«ÁLBUM DE ARMAS,» «EXAMEN MICROSCÓPICO DEL TRIGO Y DE LA HARINA,»

«HOJALATERÍA Y FUMISTERÍA,»

COMISARIO DE GUERRA, ETC., ETC.



MADRID

IMPRENTA DEL CUERPO ADMINISTRATIVO DEL EJÉRCITO

1888



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Dedicado

á

MI AMIGO

Emilio Pérez Arranguiz



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Don Juan de los Rios
Don Juan de los Rios
Don Juan de los Rios

ÍNDICE ALFABÉTICO

	PÁGINA.
Acción del aire en las aspas.....	34
Adams—descripción del sistema.....	62
Acumuladores eléctricos.....	100
Agua—cantidad que extraen las bombas.....	97
» Id. elevada por minuto á diferentes alturas con velocidad del viento de 4 metros por segundo.....	41
Aire caliente.—motor de—comparado con el de viento.....	102
» compresión y depósito.....	100
Alisios—vientos.....	14
Althouse—descripción del sistema.....	70
Anemografía.....	11
Anemometría.....	20
Anemómetro Hooke.....	27
» Lind.....	26
» Osler.....	27
» Richard.....	31
» Robinson.....	29
Aplicaciones de los motores de viento.....	99
Aspas de molino—grados de inclinación.....	36
Aubry—motor.....	78
Bird—motor.....	77
Bombas aspirantes y elevatorias.....	94
» » é impelentes.....	95
» centrifugas.....	98
Catenaria—curva mejor para torres de hierro.....	91
Causas principales de los vientos.....	12
Certamen de Filadelfia.....	83
Challenge—descripción del motor.....	75
Ciclones.....	16
Corcoran—precios del motor Eclipse.....	61
Cuadro de duración de los vientos en Madrid.....	20
Idem velocidad de id. en id.....	20
Idem resultante de id.....	21
Idem kilómetros recorridos por los vientos principales.....	21
Idem velocidad media y kilómetros recorridos.....	22
Idem dirección y fuerza del viento en varios puntos de España.....	23
Idem de rendimiento de molinos americanos con diferentes velocidades del viento.....	38
Idem de agua elevada á diferentes alturas.....	41
Idem precio, peso y fuerza de motores Halladay americanos.....	54
Idem de motores alemanes.....	56
Idem de agua elevada á diferentes alturas por el motor Eclipse.....	61
Idem de fuerza y gasto de motores de viento americanos.....	101
Idem id. de motores de aire caliente.....	102
Denominaciones de los vientos.....	17
Depósitos de agua para ferrocarriles.....	99
Idem id. para usos domésticos.....	91



	PÁGINA.
Descripción del sistema Adams.....	62
» Althouse.....	70
» Challenge.....	75
» Dumont.....	85
» Eclipse.....	57
» Halladay.....	46
» IXL.....	69
» Juando.....	86
» Leffel.....	79
» Reinsch.....	78
» Simón y Soler.....	78
» Star.....	68
» Wheeler.....	87
» Woodmanse.....	65
Diámetro de la bomba,—fórmula para determinar el.....	96
Efecto de una vena líquida sobre un plano.....	32
» del aire en id.....	34
Elevación de agua — cálculo para.....	41
Experiencias con varios motores.....	84
Fórmulas para determinar la forma de las aspas.....	35
Idem de rendimiento.....	37
Fuerza desarrollada por los motores de viento.....	39
Gasto de los motores de viento.....	101
Idem id. de vapor.....	101
Idem id. de aire caliente.....	102
Guimbalet — para bombas.....	97
Halladay — motor.....	46
Hectárea — cantidad de agua para el riego.....	100
IXL — motor sistema.....	69
Juando,—idem 'id.....	86
Kilómetros recorridos por el viento en Madrid.....	21
Leffel — turbina.....	79
Lind — anemómetro.....	26
Molinos de la Mancha.....	42
Motores de viento americanos.....	45
Idem Halladay contruídos en Alemania.....	56
Idem de vapor — comparación de gastos con los de viento.....	101
Idem, de aire caliente — idem id.....	102
Número de revoluciones por minuto en los motores Corcoran.....	60
Observatorio de Madrid — resultados anemométricos.....	20
Precios de bombas.....	97
Idem de torres.....	91
Presión atmosférica.....	11
Idem del viento.....	17
Regulador del motor Wheeler.....	89
Reinsch — motor sistema.....	78
Rendimiento de motores americanos en caballos de vapor.....	38
Riego — aplicación de los motores de viento.....	100
Robinson — anemómetro.....	29
Sandwich — mención del motor.....	77
Stover, idem.....	77
Tablas de vientos.....	41
Teoría de los motores.....	32
Turbina Leffel.....	79
Idem Dumont.....	85
Velocidad — cálculo de.....	37
Idem periférica.....	60
Idem del agua en los tubos de succión.....	95
Viento — denominaciones.....	17
Wheeler — detalles del motor de 12,19 m.....	88
Woodmanse — descripción del motor.....	65



GRABADOS

		PÁGINA.
1	Anemómetro Lind.....	26
2	Id. Robinson.....	29
3	Id. Hicks.....	31
4	Id. Richard.....	31
5	Vena líquida sobre un plano.....	32
6	Elemento de aspa.....	31
7	Molino de la Mancha.....	41
8	Motor Halladay cerrado.....	47
9	Id. id. abierto.....	48
10	Mecanismo automático de id.....	49
11	Piezas sueltas de id.....	50
12	Motor Halladay de dobles sectores.....	52
13	Id. id. transportable.....	55
14	Id. Eclipse de frente al viento.....	58
15	Id. id. de canto al viento.....	59
16	Motor Adams.....	63
17	Engranaje superior del mismo.....	64
18	Id. inferior de id.....	64
19	Motor Woodmanse.....	66
20	Id. Star.....	68
21	Id. IXL.....	69
22	Id. Althouse, detalles.....	71
23	Id. id. abierto.....	72
24	Id. id. cerrado.....	74
25	Id. Challenge.....	75
26	Turbina Leffel.....	80
27	Mecanismo regulador de id.....	81
28	Transmisión inferior de id.....	82
29	Turbina Dumont.....	85
30	Motor Juando.....	86
31	Vista general del motor Wheeler.....	88
32	Torre y depósito de agua.....	92
33	Flotador de parada.....	93
34	Bomba de simple efecto.....	94
35	Id. de doble efecto.....	95
36	Id. con guimbalet.....	97
37	Id. centrifuga.....	98
38	Transmisión intermitente.....	99
39	Motor y depósito para ferrocarriles.....	99

Lámina con todos los detalles á escala del motor Wheeler de 12,19 m. de diámetro.



Los molinos de viento que introdujeron los árabes en España, permanecen hoy tal como los dejaron, revelando nuestra inferioridad industrial y agrícola, comparada con la energía de aquella pujante raza, cuyos trabajos no hemos sabido continuar.

Así como la langosta que asola los campos procede de las tierras incultas, porque en ellas únicamente puede aovar el insecto, lo cual significa el castigo de la incuria, algo parecido podemos decir respecto de las malas cosechas en muchas localidades donde hay agua somera y reinan vientos constantes para impulsar los motores de extracción.

Con un desembolso de 1.500 á 2.000 pesetas se consigue sacar por término medio 10 á 20 metros cúbicos de agua al día para regar una hectárea, aumentando su rendimiento en tres ó cuatro hectólitros de grano; esta diferencia representa un interés considerable del capital invertido.

La naturaleza misma está indicando que cuanto más viento sopla llevándose humedad de la tierra, más fuerza se puede utilizar para restituírsela.

Aplicado el motor de viento á la trituration del pienso, remunera con creces el primer gasto, porque es sabido que el ganado no rumiante desperdicia del 20 al 30 por 100 del grano, que pasa intacto por el tubo digestivo por falta de masticación.

Es cierto que el motor de aire ha cambiado en sus aplicaciones, porque para la molienda se exigen ya otros refinamientos; pero no lo es ménos que se ha perfeccionado y adaptado á lo que debe ser, resultando que para determinados usos es el motor más económico, y probablemente lo será por mucho tiempo, pudiendo asegurarse que jamás hubo tantos motores de viento como en la actualidad.

Las últimas mejoras consisten principalmente en que su marcha y orientación es automática, sin exigir vigilancia alguna, eximiendo por tanto de mantener operarios que cuiden constantemente el aparato.

Siento no poder emitir mi opinión respecto de algunos de los motores que describo, pues para ello hubiera sido preciso un viaje á los Estados Unidos; pero aun así me parecen los datos acumulados dignos de conocerse por el público, y en especial por los fabricantes españoles, para que construyan modelos apropiados á las necesidades de la agricultura.

Madrid, Diciembre de 1887.



ANEMOGRAFÍA.

La envuelta gaseosa que rodea la tierra se compone de dos atmósferas distintas entre sí, una de aire seco y otra de vapor acuoso. El aire seco, que consta aproximadamente de 21 partes de oxígeno y 79 de nitrógeno, es siempre un gas, y su cantidad permanece constante; pero el vapor acuoso no continúa en estado gaseoso, variando con cada cambio de temperatura por condensación ó por evaporación.

Además del oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, existe en el aire ácido carbónico y otros varios en pequeña cantidad y variable, según los tiempos y localidades.

La presión atmosférica, determinada por Torricelli en 1643, es igual al peso de una columna de mercurio de 76 cm. de altura, ó igual al peso de una columna de agua de 10 metros de altura, ó próximamente á 1 kilogramo de presión en centímetro cuadrado (1032,8 gramos). Esta expresión, que se toma como tipo para medir las presiones en general y se denomina una atmósfera, es la presión de la masa de aire que envuelve á la tierra, tomada al nivel del mar; pero es claro que aumenta ó disminuye según se toma á mayor ó menor altura de dicho nivel. Por ejemplo, á 1 metro de altura del mar la columna de mercurio de 76 cm. disminuye en 0,01 cm. y será de 75,99 cm. Además hay que tener en cuenta la temperatura y humedad del aire y la fuerza de atracción que varía algo del Ecuador hácia los polos. Para medir alturas por medio del barómetro hay que apelar á la fórmula $a = 18.000 (\log. b - \log. b')$ en la cual a es la altura, b la lectura del barómetro en la base, b' la del mismo en la elevación. La fórmula responde á la ley de que al aumento aritmético de altura corresponde el descenso en el barómetro en proporción geométrica.

La presión atmosférica disminuye cuando el aire tiene un movimiento creciente y tanto más cuanto mayor es la velocidad, y aumenta al contrario cuando el movimiento es decreciente.

La presión varía según la latitud del punto de la tierra. En el Ecuador la presión media es de 758 mm., y aumenta á partir de la latitud de 10 grados; alcanza el máximo de 762 á 764 mm. entre los grados



30 y 40, y vuelve á disminuir hasta 756 mm. en los países más septentrionales.

Disminuye la presión, según la altitud, por ejemplo: En el Ecuador, al nivel del mar, 758 mm. En Quito (2.908 m. de altura), 554. En la cumbre de Antisava (cerca de Quito, 4.101 metros sobre el nivel del mar), 470 mm.

Las desigualdades de temperatura producidas por la acción solar en los diversos puntos del globo, son las que determinan el sentido en el cual soplan los vientos. El aire no se calienta por el paso de los rayos solares, porque si así fuese, las capas superiores de la atmósfera estarían durante el día más calientes que las inferiores, puesto que están más cerca del sol; y, sin embargo, vemos que, á medida que se asciende, la temperatura es menor. En verano disminuye 1° por cada 160 metros. En invierno 1° por cada 250. Lo que sucede, pues, es que los rayos solares son absorbidos por la tierra, propagándose en ondas de calor hácia abajo en el suelo hasta pocos metros de profundidad. Parte de este calor vuelve hácia afuera, comunicándose á las capas de aire en contacto con la tierra.

La influencia de los rayos solares en el agua ya es muy diferente. En este caso, una parte del calor se detiene en la superficie, pero otra penetra á considerable profundidad, hasta más de 150 metros bajo la superficie.

En el Ecuador, el aire se calienta cargándose de vapor de agua. Al dilatarse y hacerse más ligero se eleva á las regiones superiores, transportando gran parte del vapor que contiene. Se verifica, pues, un doble trabajo, el de ascensión y el de su dilatación, lo que produce una doble destrucción de calor, y su temperatura desciende.

Se lanza entonces hácia los polos bajo la forma de dos corrientes muy elevadas, las corrientes ecuatoriales, y desciende enseguida á la tierra en las latitudes medias, verificándose entonces un trabajo inverso é igual al precedente, puesto que vuelve á tomar su volumen y presión primitivas y desciende al mismo nivel.

La producción de los vientos depende, pues, de estas y otras causas que apuntamos ligeramente. Cuando una región se calienta, las capas de aire en contacto con el suelo se elevan en virtud de la disminución de densidad; estas capas son reemplazadas por el aire frío que afluye de las regiones vecinas.

El aire calentado de las capas superiores se dirige hácia las partes frías para reemplazar al aire desplazado. Así se produce una doble corriente de aire en la atmósfera, la una junto á la tierra, que viene de la parte fría á la parte caliente, y la otra por arriba, que vá de la parte caliente á la región fría.



El mismo efecto se produce por causa de una diferencia en el estado higrométrico de dos masas de aire próximas, pues una mezcla de aire y de vapor de agua es ménos densa que el aire seco á la misma temperatura y á la misma presión.

Esta diferencia de densidad en los diferentes puntos de la atmósfera (diferencias debidas á la acción del sol) son las causas más generales de los vientos. Resulta un cambio continuo de corrientes, sobre todo entre los mares y los continentes, que no permite jamás á la atmósfera permanecer en estado de equilibrio.

No solamente las causas dichas, sino otras que se desconocen, ejercen influencia en las presiones, y éstas á su vez en la dirección y velocidad del viento.

En fin, las ráfagas ó golpes violentos de aire, pueden resultar del vacío producido en la atmósfera por la condensación súbita de una gran cantidad de vapor de agua, como acaece en las tormentas. Se concibe entonces que el aire de las regiones inmediatas se precipita en ese espacio donde la presión es menor, y que el fenómeno puede propagarse hasta en sentido contrario de la dirección del viento, pues la transmisión de la presión se verifica con más rapidéz que el movimiento de traslación del aire.

Entre los vientos periódicos pueden citarse las *brisas* que se observan en las costas, y que afectan dos direcciones diferentes en el curso de un mismo día. La brisa de mar sopla por la mañana algún tiempo después de la salida del sol. Se explica la producción de esta brisa, porque las aguas poseen para el calor un poder absorbente y un poder emisivo menores que la tierra forme, de donde resulta que absorben ó emiten cantidades menores de calor. Tienen además un calor específico mayor, de suerte que, para una misma cantidad de calor absorbido ó emitido, ellas experimentan una variación menor de temperatura. Una parte del calor que absorben, se emplea, en estado de calor latente, para formar vapores en su superficie. Por estas razones se comprende que el calentamiento ó el enfriamiento debe ser mucho más rápido en la tierra que en el agua.

Pero á diez metros de la superficie en la tierra toda variación termométrica del aire exterior es absolutamente insensible.

La tierra, pues, se calienta bajo la influencia de los rayos solares más deprisa que la superficie del mar; por consiguiente, mientras que va creciendo la temperatura se forma por encima de la tierra una capa de aire ascendente que atrae el aire del mar. En nuestra zona se percibe más en verano, comienza á disminuir hácia las tres ó cuatro de la tarde y cesa al ponerse el sol. Entonces viene la brisa de tierra ó de la noche, que dura hasta la salida del sol; la tierra se enfría más



pronto que el mar, y el aire de la costa desciende mientras el del mar se eleva para dejarle sitio. En las montañas se observa un fenómeno análogo, por la diferencia de calentamiento de las cimas á los valles en diferentes períodos del día.

Los vientos se clasifican, según su dirección, en constantes, periódicos y variables. Las brisas que hemos indicado son periódicas. Lo son también los monzones que reinan durante seis meses en un sentido y seis en el opuesto. En nuestro hemisferio el monzón de primavera comienza en Abril, es decir, en la época en que la temperatura media de la tierra empieza á ser más elevada que la del mar; así es que sopla de éste y continúa hasta Octubre. En esta época viene el monzón de otoño que sopla de tierra, cuando la temperatura media del suelo decrece más aprisa que la del mar. En el hemisferio austral, donde las estaciones son inversas de las nuestras, los monzones están igualmente cambiados, es decir, que el monzón de primavera sopla de la costa y el de otoño del mar. En el Océano Indico es donde se observan estos vientos con más regularidad; sopla de Abril á Octubre del lado del SO. y desde Octubre á Abril del NE., explicándose esto fácilmente por la configuración de los mares y continentes vecinos.

En el Mediodía de Francia sopla un viento periódico del NO. que denominan *mistral*, que tiene su explicación en que las llanuras bajas y areniscas de Crau, Camarque y de las Bocas del Ródano, calentadas por el sol de verano, determinan una ascensión de las capas de aire en contacto, y atraen por tanto continuamente el aire de las regiones próximas. Este aire no puede venir del E. porque lo impide la cordillera infranqueable de los Alpes; llega pues del N. ó del O. y en particular de la meseta central de Francia. Puede notarse, en fin, que estas masas de aire, que han pasado por las alturas de Cantal y de la Auvernia, donde se han enfriado y abandonado parte de su humedad, llegan á las regiones más calientes casi secas, y por eso es el *mistral* uno de los vientos más secos que se observan en Europa.

En las llanuras de la Mancha durante Enero, Febrero y Marzo, sopla viento constante de día; en Abril, Mayo y Junio por la tarde; en Julio, Agosto y Septiembre por la noche, y el resto del año es incierto.

Las corrientes de aire obedecen, pues, igualmente que el calor y presión atmosférica á leyes fijas; pero esto sólo es regular en los mares, debido á la rotación de la tierra hácia el E., tomando las capas de aire, que tardan en seguir á la corteza sólida, un movimiento contrario, modificándose en tierra firme por las montañas y condiciones especiales del terreno.

Los vientos llamados *alisios* son constantes en la zona tórrida, dirigiéndose todo el año de E. á O. En las regiones intertropicales, la



temperatura media del día es más elevada que en las demás latitudes, siendo de unos 28 grados por término medio durante todo el año. Además, las aguas ocupan en esta zona una extensión considerable. Estas dos causas disminuyen el peso específico del aire, determinando una ascensión de las capas inferiores, que son reemplazadas por el aire afluyente de las regiones templadas. Si la tierra permaneciese inmóvil, se producirían en su superficie, bajo esta influencia, corrientes dirigidas de cada uno de los polos hacia el Ecuador. Pero la tierra gira alrededor de la línea de los polos, y las velocidades de sus diferentes puntos son tanto mayores cuanto más se acercan al Ecuador; por otra parte, el aire que toca á cada punto del globo está animado de la misma velocidad de rotación que dicho punto; de consiguiente, cuando una masa de aire que ha estado en contacto de las zonas templadas y adquirido la velocidad de rotación de estas regiones afluye hacia los trópicos, vá animada de menor velocidad que los puntos de esta zona, queda, pues, en retraso con relación á dicho movimiento y parece soplar en sentido inverso al movimiento de la tierra. El viento del hemisferio boreal se transforma en viento NE.; el viento del hemisferio austral, en viento SE. Estos dos vientos se encuentran y combinan al llegar al Ecuador, y producen un viento E. Si la explicación precedente es exacta, deben existir vientos *contra-alisios* superiores que vayan del Ecuador hacia los polos; ahora bien, como estas corrientes llegarán á las zonas templadas con una velocidad de rotación mayor que la de dichas regiones, de aquí que en el hemisferio boreal sople en las partes superiores un viento SO. y en el austral NO.

Estos vientos contra-alisios que reinan encima de los alisios inferiores han sido efectivamente observados por la dirección de las nubes elevadas y las cenizas de ciertos volcanes, y por la observación directa del viento que reina en la cima de montañas elevadas como en el pico de Tenerife, por ejemplo, en cuya cima se observa SO. mientras al pié sopla NE.

Los numerosos viajes aerostáticos han contribuído mucho á precisar la velocidad de los vientos en las altas regiones. El resultado general es que esta velocidad es siempre mayor que la del viento que se observa en el mismo instante en la superficie de la tierra; la diferencia es debida sin duda á la existencia de los obstáculos que oponen al movimiento del aire las montañas que erizan la superficie del suelo. Por igual causa es más rápido el viento por lo regular en la superficie del mar que en los continentes.

Los vientos contra-alisios que se observan en la parte boreal del Océano Atlántico, ejercen una influencia considerable en el clima de la Europa occidental. Las corrientes ecuatoriales de dirección SO.,



después de haber recorrido las regiones superiores, van descendiendo á la tierra, pero no llegan al continente europeo sino después de haber atravesado una parte del Océano, precisamente por donde pasa el *gulf-stream* (1), tomando de la superficie del mar su temperatura y su humedad, y llevando sin cesar á las regiones que atraviesan la lluvia y una temperatura moderada.

Estos vientos del SO. predominan en invierno por la mayor diferencia de temperatura que se establece entre las regiones ecuatoriales y nuestras latitudes.

Sin embargo, se observa igualmente durante el invierno el viento NE., es decir, la corriente inversa, que toma origen en las partes más frías de nuestro continente; está producido por la existencia de los alisios de nuestro hemisferio, que atraen constantemente en ese sentido, así como por la diferencia de densidad del aire de las regiones frías y del Océano Atlántico. Esta corriente es la que determina nuestros períodos de frío.

En cuanto á los fenómenos anormales, es preciso tenerlos también en cuenta para la instalación de molinos, por más de que en España no sean de ocurrencia frecuente.

Los *ciclones*, propios de las regiones intertropicales, se producen por un movimiento de rotación rápido del aire, alrededor de un eje casi vertical; este movimiento se verifica de E. á O. en el hemisferio boreal y en sentido inverso en el austral. Al mismo tiempo, el eje de rotación está animado de un movimiento de traslación; describe en la superficie de la tierra una curva cuya concavidad está en nuestro hemisferio, generalmente, vuelta hácia el E. A medida que el ciclón avanza su diámetro aumenta y puede alcanzar una extensión de centenares de kilómetros.

En el centro del ciclón el aire está relativamente en calma; pero la velocidad de rotación de la masa de aire es muy grande á cierta distancia del centro de rotación y alcanza la de los huracanes más formidables. Como la rotación vá acompañada de un movimiento de traslación de toda la masa, se comprende que la velocidad del viento no sea la misma en los dos lados del centro, para un observador que mire en la dirección á donde se dirige el ciclón. Por un lado ella es la suma de la velocidad de rotación y la de la traslación, que es lo que se llama se-

(1) El mecanismo de formación de esta gran corriente de agua templada, que partiendo del golfo de Méjico viene hácia la Europa occidental, es el mismo que el de los vientos *alisios* y *contra-alisios*. El *gulf-stream* representa en el Océano Atlántico la corriente superior que lleva en la atmósfera el aire caliente del Ecuador hácia los polos, y precisamente con la misma dirección.

Los marinos han dicho siempre que el *gulf-stream* es el padre de las tempestades en el Atlántico, porque la mayor parte de los huracanes atraviesan el Atlántico por esta corriente y no se desvían hácia el Norte ó Sur hasta llegar á las costas de Europa.



micírculo peligroso, situado á la derecha del observador, y es el que tratan de evitar los barcos que se encuentran en las regiones inmediatas al centro.

Del lado opuesto la velocidad del viento no es más que la diferencia entre la velocidad de rotación y la velocidad de translación, lo que se denomina semicírculo manejable, que es por el que procuran escapar los barcos. Cuando se produce un ciclón en la superficie del mar, eleva masas enormes de agua que deja caer enseguida. Atrae igualmente en el vacío que se forma en su centro el aire y las nubes de las regiones superiores; de aquí una lluvia torrencial, acompañada de rayos y de efectos espantosos, debidos al desconcierto de la atmósfera.

La diferencia entre ciclón y tornado consiste en que si bien ambos son movimientos giratorios de eje vertical, nacidos de igual manera en las corrientes superiores, el diámetro de las trombas ó de los tornados es pequeño en comparación de su altura, mientras que en los ciclones es al contrario.

Una de las pruebas más concluyentes que pueden aducirse para la explicación de estos fenómenos es la depresión considerable del barómetro que se observa en una región, al mismo tiempo que un aumento creciente de presión en las zonas circulares alrededor de esta misma región. La comparación de observaciones hechas simultáneamente en un gran número de puntos, y llevadas con regularidad, ha permitido probar igualmente el movimiento de traslación de estos fenómenos.

Las denominaciones que se dan vulgarmente á los vientos, y la presión en kilogramos por metro cuadrado, son las siguientes:

	Velocidad en metros por segundo.	Presión en kilogramos por m. ²
$P = 0,13 \cdot v^2$		
Viento apenas perceptible.....	1	0'13
Idem ligero.....	2	0'52
Fresco (bueno para molinos).....	6	4'68
Bien fresco (para barcos).....	9	10'5
Muy fresco (hay que rizar las velas altas).....	12	18'7
Impetuoso.....	20	52
Temporal.....	27	94
Huracán.....	36	168
Idem que derriba edificios.....	45	263

Las oscilaciones barométricas están, como hemos indicado, íntimamente ligadas á las variaciones de los vientos.

En los trópicos, donde los vientos ofrecen caracteres de uniformidad, y donde el termómetro no acusa más que variaciones regulares, las oscilaciones de la columna barométrica presentan el mismo carácter.



En nuestras regiones, expuestas á cambios por muy diversas causas, es más difícil precisar la relación entre la temperatura, presión atmosférica y dirección del viento. Sin embargo, se percibe que existe relación entre los varios órdenes de fenómenos. Por ejemplo: los vientos húmedos y calientes del SO. que determinan un descenso de la columna barométrica, son precisamente los que traen de ordinario la lluvia. Al contrario, los vientos secos y fríos del N. E. que hacen subir el barómetro, traen casi siempre buen tiempo.

No siendo posible determinar las leyes que rigen para cada punto de España, nos limitaremos á copiar unos párrafos del *Anuario* del Observatorio astronómico de Madrid, por lo que á este punto concierne, y á continuación daremos los estados de observaciones meteorológicas referentes á varios puntos de la Península.

Dice el Sr. Merino, Director del citado Observatorio:

«¿Cuál es, en consecuencia, la dirección más común ó frecuente del viento en Madrid, durante el transcurso del año, ó en la corriente fugaz de cada día? ¿Cómo, ó en qué orden, si tal orden existe y es demostrable ó definible, se suceden unos á otros los vientos de nombres distintos? ¿Y cuál la fuerza con que en diversas y aun opuestas direcciones soplan, según varían también la época del año ó las horas del día, ya susurrando como brisa placentera, ya silbando furiosos en huracán irresistible convertidos?

De la atenta consideración de los cuadros se deduce, en efecto, prescindiendo de otras consecuencias subalternas, que la resultante buscada se desvanece en Madrid al cabo de muy pocos años, ó se nos revela en cierta mera tendencia del viento á soplar de la parte de Occidente, si para definirla atendemos exclusivamente á la dirección de los vientos, con omisión de la violencia muy distinta con que soplan, ó pueden soplar, según la época del año, y hora del día, y circunstancias perturbadoras de su impulso, que á nadie le es dado prever; y sin distinguir tampoco, por ser el establecerlo y precisarlo punto ménos que inasequible, la calma completa de la brisa intermitente y apenas perceptible, que poco á poco arrecia y se transforma en viento suave y placentero, apreciable ya sin dificultad.

En el invierno, muy inconstante; ora de borrascas tremendas y prolongadas, durante las cuales silba furioso el viento y pugna impotente por desasirse de las ligaduras que en determinado rumbo le encadenan; ya de calmas por varios días apenas interrumpidas: la frecuencia del viento N. E. es máxima hácia las 9 horas de la mañana y mínima á las 3 de la tarde; y mínima y máxima, en orden inverso, la del S. O., á las mismas horas: mínima á medio día y máxima á las 9 horas de la noche la frecuencia del N. O., y máxima y mínima en cambio, muy aproximadamente también, por entonces, la del viento de rumbo opuesto, S. E.: uno, en absoluto, de los más raros ó ménos comunes en nuestra localidad, y que podría mejor desviarse de la regla á que en principio obedecen todos.

En la primavera, la diferencia de máximos y mínimos se gradúa cada vez más, y la ley de sucesión periódica de los vientos en el transcurso del día se manifiesta de un modo cada vez más ostensible y terminante.

Durante el verano reviste carácter más elocuente todavía que en la primavera el fenómeno que ahora nos ocupa; pues la distancia en tiempo ó intervalo entre máximos y mínimos se prolonga y la relación numérica de estos valores extremos aumenta también notablemente.—En vez de corresponder la frecuencia máxima del viento N. E. á las 9 de la mañana, se anticipa y coincide con las 6; y, en sentido inverso, se retrasa otras tres horas el momento de la frecuencia mínima por la tarde: advirtiéndose en el SO. su orden de sucesión, precisamente contrario, en la misma época del año. Pues la relación de frecuencia máxima y mínima, lejos de permanecer constante siempre é igual, como en el invierno al número 2, se halla representada en el verano por el 4, tratándose del N. E.; y por el 5, ó algo mayor que el 5, cuando se refiere al S. O.

Y en el otoño vuelve á reproducirse análogo fenómeno de sucesión alternada y cadenciosa de los vientos de rumbo opuestos, por el mismo orden y medida que en la primavera.

Las consecuencias que se deduzcan, de ningún modo revestirán el carácter de generalidad que deseáramos poseyesen desde luego; pero algún indicio podrá, sin embargo, inferirse acerca de la fuerza ó violencia con que el viento sopla en Madrid, en las distintas épocas del año, y horas del día, y aun años enteros consecutivos, así como según el rumbo de donde cada viento proceda.



De su examen, por de pronto, se concluye:

1.º Que la mínima velocidad del viento, en el transcurso de los días, hacia donde quiera que apunte la veleta, corresponde, sin excepción, casi á las primeras horas de la mañana, tanto en el conjunto del año como de las estaciones y meses, aisladamente considerados. El momento crítico oscila, por regla general, entre las 6 y las 9 horas de la mañana, y es posterior al de la mínima temperatura, y coetáneo con el de máxima altura barométrica.

2.º Que el viento arrecia poco después y adquiere su máxima velocidad en las primeras horas de la tarde, en los momentos, muy probablemente de mínima presión atmosférica, y cuando ya la temperatura comienza á descender.

3.º Que si bien en la totalidad del año la transición de la mínima á la máxima velocidad, y el regreso de la máxima á la mínima se verifican gradualmente, sin interrupciones ni saltos desordenados, lo cual se advierte asimismo en muchas porciones destacadas del año, en los meses del estío no suelen pasar las cosas de un modo tan sencillo, sino que á la máxima velocidad de la tarde, sucede un periodo de tranquilidad relativa al oscurecer; y á éste, otro de exasperación del viento, entre las 9 y las 12 horas de la noche.

Y 4.º Que en el estío, también de un modo manifiesto, el espacio recorrido por el viento durante la noche, ó desde las 6 horas de la tarde á las 6 de la mañana, supera al recorrido durante las otras doce horas del día, al revés de lo que sucede en el conjunto del año y transcurso del invierno, primavera y otoño. En Febrero, sin embargo, la diferencia á que nos referimos es insignificante, y del mismo sentido que en el verano en los meses de Octubre y de Noviembre. Y después de todo, ó al cabo del año, la relación final de ambos espacios ó caminos recorridos y comparados, de día y de noche, aunque superior á la unidad, propende á confundirse con ella.

Si consideramos la resultante del viento en diversas épocas del año, resulta:

1.º Que la mínima velocidad del viento por día corresponde al invierno y mes de Diciembre; y la máxima, superior á todas las demás con grande exceso, á la primavera y mes de Marzo.

2.º Que si bien en el tránsito de una estación á otra se advierte cierta gradación en el modo de aumentar ó disminuir el ímpetu del viento, el orden de variación es, por el contrario, bastante irregular ó anómalo en el transcurso ó sucesión de los doce meses del año; como si al cabo de algunos años hubieran de compensarse las diferencias, y resultar casi iguales las velocidades del viento, correspondientes á la mayor parte de los meses.

Y 3.º Que de la velocidad media diurna anual, expresada por el número 408 kilómetros, discrepan desigualmente las medias extremas, correspondientes á los meses de Noviembre ó Diciembre y al de Marzo en 210, por defecto, la mínima, y en 310, por exceso, la máxima.

Ni con saber que la velocidad media diurna del viento es de unos 400, ó muy pocos más, kilómetros, lo cual compone al cabo del año un espacio recorrido de 150.000 de longitud; ni que, en el transcurso de los meses, fluctúa con inevitable desigualdad alrededor de aquel número, ó entre 300 y 600 kilómetros por día, se tiene ya puesto en claro cuanto puede y debe saberse en asunto tan interesante.

En el conjunto del año, la distribución de las velocidades del viento es bastante regular ó acompasada y puede resumirse como sigue: 45 días de calma ó brisa muy suave, de velocidad inferior á 200 kilómetros en las 24 horas, ó de 1 á 2 metros por segundo de tiempo; 162, de viento todavía apacible, ó de velocidad comprendida entre 200 y 400 kilómetros; 100, entre 400 y 600; 61, entre 600 y 800; y 17, borrascosos y desatinados, de más de 800 kilómetros de velocidad.

A la extrema casi, de 1.000 kilómetros por día, corresponde la de unos 42 por hora; ó de 695 metros por minuto; ó de 11 1/2 metros por segundo, que es la de un viento placentero ó por ningún concepto fastidioso é insoportable. Pero adviértase que esta velocidad, de 11 1/2 metros por segundo, procede de la de 1.000 kilómetros por día, en el supuesto de que el viento haya soplado durante las 24 horas con uniformidad constante, como no sopla nunca en realidad. Porque de hora en hora y de minuto en minuto, y aun por momentos, en días de 1.000 kilómetros de velocidad total el viento varía considerablemente de violencia y arrecia y cede y se embravece y aplaca, como atleta enloquecido y furioso, empeñado en derribar lo que imposible le resiste, y necesitado, por lo mismo, de cobrar á menudo aliento y brio para redoblar sus desesperadas embestidas, cada vez con mayor coraje, hasta que la fatiga le rinde y obliga á desistir de su destructora empresa. En tales muy excepcionales días pasa de 20, y de 30, y áun de 35 y 40 metros por segundo, la velocidad del viento en Madrid, en los momentos propiamente pavorosos de su máximo furor y como desencadenamiento completo é irresistible.

¿Y qué presión, por metro cuadrado superficial, ejerce entonces el aire en movimiento, cuando súbitamente le detiene y cierra el paso cualquier obstáculo interpuesto en su camino?

Enorme: de 150 á 200 kilogramos, aunque difícil de calcular con precisión. Porque semejante esteril esfuerzo, para seguir avanzando en línea recta, no sólo varía con la altura de la columna barométrica y con la temperatura y la humedad ó con la densidad del aire, sino que depende muy principalmente de la velocidad real del fluido desequilibrado, en el momento preciso ó instante indivisible á que la presión debe referirse. Y esta velocidad, ni la acusa el anemómetro de Robinson, ni puede revelarla ningún otro de su especie, propiamente totalizadores; ó en los cuales las rachas y embestidas consecutivas del viento, separadas por pausas más ó menos prolongadas, se suman y funden en un sólo efecto, medio y continuo, en



vez de manifestarse y percibirse perfectamente destacadas unas de otras, en el orden y con la intensidad tan distinta en que se suceden. A ello se oponen la inercia de la materia y la forma del anemómetro, en cuya virtud el órgano receptor del impulso del viento se convierte en regulador del consiguiente desordenado movimiento de la máquina. Del conocimiento de la velocidad, mensurable, con auxilio del anemómetro de Robinson, ó de cualquier otro parecido, podrá inferirse el aproximado de la presión, pero, perfecto y seguro, de ningún modo. La presión siempre será un poco mayor de la que por semejante procedimiento indirecto se hubiere deducido.»

OBSERVATORIO ASTRONOMICO

DE MADRID.

DURACIÓN DE LOS VIENTOS, EXPRESADA EN HORAS.

AÑOS.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.
1860	796	2.066	777	529	585	1.617	1.287	925
1861	647	1.825	863	753	870	1.673	1.077	965
1862	915	1.588	914	512	1.169	1.486	759	1.364
1863	911	1.526	786	855	1.264	1.514	784	1.103
1864	900	1.592	740	737	1.071	1.592	922	1.213
1865	876	940	343	1.011	1.178	2.275	965	1.163
1866	495	1.542	697	1.295	702	1.927	722	1.352
1867	629	2.138	792	977	738	1.817	766	890
1868	585	2.798	683	797	624	1.682	685	818
1869	457	2.707	856	704	453	1.628	953	970

VELOCIDAD MEDIA POR HORA EN KILÓMETROS.

AÑOS.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.
1867	17,0	17,7	12,6	12,9	13,9	19,4	17,7	16,1
1868	17,6	19,5	13,0	13,0	11,4	18,0	20,7	20,7
1869	20,0	17,9	11,1	14,1	14,8	19,8	22,3	22,3



DURACIÓN Ó INTENSIDAD

EN HORAS, DE LA RESULTANTE DEL VIENTO, EN LAS DIVERSAS ÉPOCAS DEL AÑO.

Decenio de 1860 á 1869.

TIEMPOS.	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	Decenio.
Diciembre.	101	258	213	116	550	140	356	110	357	173	1.186
Enero.....	164	376	172	130	130	279	360	220	76	198	713
Febrero.....	434	118	77	271	73	154	138	84	302	145	866
Marzo... ..	249	156	344	180	290	297	120	294	296	452	1.411
Abril.....	129	199	132	9	34	245	203	114	180	106	27
Mayo.....	299	143	214	42	58	455	174	366	220	257	1.289
Junio.....	283	150	168	189	127	53	189	181	194	173	576
Julio.	90	391	72	172	224	262	211	134	168	123	1.412
Agosto.....	23	141	83	200	63	365	49	87	89	200	447
Septiembre.	50	161	175	83	133	337	278	306	355	150	800
Octubre.....	338	211	101	168	180	418	94	177	229	290	411
Noviembre.....	285	117	221	280	112	117	112	271	86	342	414
Invierno.....	353	38	433	328	645	393	570	119	727	206	2.669
Primavera.....	560	394	534	168	333	685	465	669	543	647	2.292
Verano.	241	426	260	542	332	577	509	123	17	474	2.268
Otoño.	157	310	481	246	391	652	164	728	188	486	545
Año.	938	258	563	235	544	2.024	554	319	1.088	1.068	2.668

MADRID 1881.

KILÓMETROS RECORRIDOS POR LOS VIENTOS PRINCIPALES.

ÉPOCAS.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.
Invierno.....	1.680	7.414	767	1.902	1.832	14.064	3.327	2.558
Primavera.....	1.186	9.856	1.463	4.352	3.128	7.690	3.214	2.560
Verano.....	1.254	11.722	1.786	2.855	1.050	8.625	2.968	4.130
Otoño.....	1.559	9.804	1.003	1.098	1.085	10.424	2.269	1.718



MADRID 1881.

Velocidad media por hora de los vientos principales, expresada en kilómetros.

ÉPOCAS.	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.
Invierno.....	12,0	11,4	5,9	11,4	8,1	23,3	16,3	17,4
Primavera.....	12,6	17,7	10,0	13,8	12,6	17,1	15,8	13,9
Verano.....	9,5	17,7	14,2	14,6	8,4	17,2	14,6	17,7
Otoño.....	9,3	13,8	9,1	8,4	6,6	18,2	14,1	12,0

MADRID 1881.

Días en que la velocidad del viento resultó comprendida entre dos números de kilómetros indicados en la zona horizontal superior.

ÉPOCAS.	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100
	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	
Invierno...	34	11	13	12	2	5	6	2	2	3	
Primavera.	18	16	25	17	6	6	2	1	»	1	
Verano...	5	17	35	25	6	9	1	»	»	»	
Otoño....	28	22	15	9	4	6	5	1	1	»	

MADRID 1881.

KILÓMETROS RECORRIDOS POR EL VIENTO EN DIFERENTES PERÍODOS DEL DÍA.

ÉPOCAS.	12-3 (A. M.)	3-6 (A. M.)	6-9 (A. M.)	9-12 (A. M.)	12-3 (P. M.)	3-6 (P. M.)	6-9 (P. M.)	9-12 (P. M.)	12-6 (A. M.)	6-12 (P. M.)	TOTAL.	Velocidad media diurna
Invierno.....	4.181	3.725	3.614	4.288	5.049	4.460	3.155	4.072	7.906	8.227	33.544	373
Primavera.....	4.050	3.626	3.706	4.416	5.273	4.574	3.819	3.980	7.676	7.805	33.450	364
Verano.....	4.086	3.522	3.427	3.716	5.275	5.175	4.739	4.450	7.608	9.189	34.390	374
Otoño.....	3.825	3.279	3.136	3.676	4.408	3.804	3.523	3.749	7.104	8.272	29.460	324

LOCALIDADES.	DIRECCIÓN DEL VIENTO						FUERZA APROXIMADA DEL VIENTO.					
	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.O.	O.	N.O.	Días de calma.	Días de brisa.	Días de viento.	Días de viento fuerte.
Bilbao.....	24	19	15	55	16	8	31	197	98	205	42	20
Santander.....	17	59	25	43	18	47	114	42	144	119	84	18
Oviedo.....	10	96	5	24	32	137	23	40	94	230	37	5
Coruña.....	21	138	2	3	32	118	13	38	185	201	106	74
Santiago.....	16	123	1	23	13	122	22	45	48	208	51	5
Lisboa.....	131	48	9	5	16	45	50	61	11	141	141	5
Valladolid.....	21	111	5	15	10	104	54	45	24	148	85	108
Burgos.....	57	79	15	14	39	121	25	9	61	199	93	23
Soria.....	62	48	40	3	24	36	74	78	71	204	67	15
Huesca.....	7	7	28	60	6	15	27	215	143	112	95	20
Teruel.....	75	19	10	54	17	83	30	77	88	141	116	30
Palma de Mallorca.....	19	42	13	7	25	180	36	43	12	102	21	3
Barcelona.....	6	13	62	68	57	73	61	25	88	210	64	3
Valencia.....	37	56	64	37	4	4	96	67	57	202	39	17
Alicante.....	4	54	16	120	22	60	5	88	6	237	85	17
Murcia.....	57	49	49	56	45	56	32	66	42	177	115	31
Cartagena.....	95	76	22	4	13	122	20	13	235	116	14	20
Albacete.....	5	14	41	70	30	115	72	18	2	279	64	20
Madrid.....	24	80	31	35	28	80	47	39	105	94	91	75
Escorial.....	25	30	12	26	21	68	53	130	223	70	65	7
Badajóz.....	91	61	19	5	32	16	93	68	120	172	55	17
Jáén.....	65	33	16	26	25	24	66	100	25	147	130	63
Málaga.....	11	1	29	127	32	31	57	77	3	225	66	65
Tarifa.....	1	1	144	2	5	26	118	68	22	203	125	15
Laguna de Tenerife.....	120	34	10	27	77	14	13	71				



AÑO DE 1880.

LOCALIDADES.	DIRECCIÓN DEL VIENTO.							FUERZA APROXIMADA DEL VIENTO.				
	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.O.	O.	N.O.	Días de calma.	Días de brisa.	Días de viento.	Días de viento fuerte
Bilbao.....	10	12	24	97	39	20	21	143	107	192	38	29
Santander.....	14	37	35	42	20	110	81	27	181	114	62	9
Oviedo.....	74	42	4	14	57	121	45	9	189	146	29	2
Coruña.....	26	102	9	28	25	76	60	40	74	130	112	50
Santiago.....	45	102	2	42	19	115	14	27	51	200	64	51
Lisboa.....	121	61	10	6	22	49	35	62	7	200	156	3
Valladolid.....	15	136	9	35	20	93	28	30	30	165	113	58
Burgos.....	48	108	13	27	48	88	28	6	87	130	101	48
Soria.....	80	84	19	8	26	51	16	82	54	215	61	6
Huesca.....	34	17	23	79	5	24	30	154	205	112	44	5
Teruel.....	85	43	12	43	37	77	26	43	111	151	96	8
Palma de Mallorca.....	54	63	18	9	29	147	25	20	30	117	104	25
Barcelona.....	41	72	51	68	10	15	48	61	45	301	20	2
Valencia.....	3	67	13	148	39	40	11	45	7	260	86	13
Alicante.....	5	56	57	57	95	58	26	42	54	161	124	22
Murcia.....	68	141	17	7	11	98	16	8	243	99	21	3
Cartagena.....	7	2	45	89	22	80	65	19	31	214	104	17
Albacete.....	24	24	28	36	15	56	137	46	116	84	107	59
Madrid.....	26	104	26	28	35	76	34	37	108	83	112	63
Escorial.....	39	59	7	29	20	68	28	116	227	91	46	2
Badajoz.....	29	80	35	15	48	42	88	29	242	102	17	5
Sevilla.....	5	103	12	24	20	160	11	31	216	73	54	23
Jáen.....	59	59	29	37	34	30	49	69	73	146	112	33
Málaga.....	4	4	33	156	33	38	35	63	32	195	138	1
Tarifa.....	»	»	155	13	»	22	162	14	217	77	77	50
Laguna de Tenerife.....	122	21	8	36	79	11	10	79	49	201	109	7



ANEMOMETRÍA.

Es cuestión de considerable importancia para comparar el trabajo que desarrollan los motores, la determinación del impulso que produce el aire en movimiento.

El primer aparato de que se tiene noticia para medir la fuerza del aire es del Dr. Coume en 1667, pero no dió buen resultado. En el pasado siglo se citan otros varios, en los cuales se medía la presión por sus efectos mecánicos. La compresión de un muelle espiral, la elevación de un peso alrededor de un centro que actuaba en el brazo de una palanca variable, etc.

A estos instrumentos se les ha dado el nombre de anemómetros, del griego *anemos*, viento, y *metron*, medida, empleándose el vocablo indistintamente, ya sea para medir la presión ó la velocidad. Los aparatos combinados con un mecanismo que traza automáticamente indicaciones, se llaman registradores ó anemógrafos.

Durante mucho tiempo la anemometría no ha adelantado gran cosa, contribuyendo quizás á ello el haberse tratado de determinar la dirección y *presión*, en lugar de buscar su dirección y *velocidad*. Si las corrientes de aire fueran uniformes, nada más sencillo que deducir la velocidad de la presión; pero su inconstancia es tan grande que las relaciones entre la velocidad y la presión, se hacen muy complicadas. Sabemos por los elementos de dinámica que la presión en cualquier momento varía como el cuadrado de la velocidad. Es obvio, por tanto, que las relativas variaciones de aquella serán de mayor intensidad que las de la velocidad, y por consiguiente los errores del aparato indicador, justificando el poco aprecio que se hace de los sistemas estáticos de medición.

Sería imposible é inútil describir tantas formas de anemómetros como se han ensayado; citaremos tan sólo los principales sistemas.

Desde luego la veleta forma parte de casi todos ellos. Sabemos que



consiste en una hoja delgada de metal, ó dos hojas en forma de cuña, fijas verticalmente á una varilla, girando el todo libremente en un eje vertical, y sirve para indicar la dirección del viento ó para orientar el anemómetro.

Unos son molinetes verticales presentados al aire mediante una veleta, y enrollando en su eje una cuerda con pesos. Otros consisten en una placa plana que recibe la acción directa del viento, y comprime un muelle metálico.

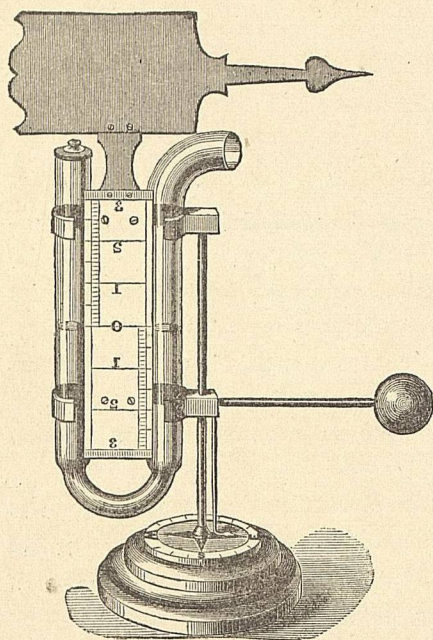


Fig. 1.

El muelle se ha sustituido después por una bolsa de aire, comunicando con un tubo de cristal en forma de U, que contiene un líquido que desciende en uno de los brazos y se eleva en el otro, según la presión del aire en la bolsa. El anemómetro de Lind, inventado en 1775, que representa la fig. 1, es el mejor tipo de esta clase. Consiste en un sifón de cristal, cuyos limbos son paralelos, montado en una varilla vertical, alrededor de la cual oscila por la acción de una veleta. El extremo superior de uno de los limbos está encorvado hácia afuera, correspondiendo con la flecha de la veleta, de

modo que se presenta siempre de cara al viento. Entre los limbos hay colocada una escala graduada de 0 á 3 pulgadas. El 0 corresponde al nivel ó equilibrio natural del agua en ambos tubos. Para usar el aparato, se llena de agua hasta la marca 0; expuesto al viento, éste obra sobre la superficie del agua, comprimiéndola en un limbo y obligándola á elevarse en el otro, de modo que la suma de la depresión y elevación es la altura de la columna de agua que el viento es capaz de sustentar en el momento de la observación. El tubo de cristal se hace más delgado en la vuelta, con objeto de evitar las oscilaciones del líquido en ráfagas irregulares de aire.

La tabla siguiente, que acompaña al instrumento, dá la correspondencia de las indicaciones en pulgadas inglesas, con la presión del aire en libras por pié cuadrado.

PULGADAS.	PRESIÓN.	DESIGNACIÓN DEL VIENTO.
	LIBRAS EN PIÉ CUADRADO.	
0	0	Calma.
0'05	0'26	Brisa suave.
0'1	0'52	Brisa fresca.
0'5	2'60	Viento bonancible.
1	5'21	Ráfagas.
2	10'42	Viento fuerte.
3	15'62	Viento borrascoso.
4	20'83	Tormenta.
5	26'04	Tormenta fuerte.
6	31'75	Huracán.

Este aparato, cuya altura total es de 35 cm., cuesta en Londres 50 pesetas.

El anemómetro más sencillo que se ha inventado es el de Poleni, premiado por la Academia francesa en 1733: consta de una placa de presión suspendida como un péndulo, indicando la fuerza del viento por su desviación de la vertical.

En el Observatorio de Madrid hay uno de esta clase, pero no se hace caso de él.

Otros anemómetros pudiéramos citar más curiosos que útiles; entre ellos el de Bouguer, con una placa vertical que comprime un muelle espiral. El de Kirwan, también con muelle helizoidal. El de Hooke, en el cual el viento produce sonidos en una serie de tubos, correspondiendo una nota distinta á cada velocidad. El de Leslie, que deduce la velocidad del viento de su efecto al enfriar un termómetro, suponiendo que la relación de enfriamiento es proporcional á la velocidad del aire.

El anemómetro de evaporación de Brewster, en el cual la velocidad se deduce de la cantidad de agua evaporada en un tiempo dado.

El de Whewell, que consiste en un molinete de ocho aspas que se orienta con una veleta de dos hojas; en el eje horizontal del molinete lleva una rosca sin fin que mueve un engranaje, el cual sirve para llevar un lapiz que marca la curva de velocidad en un cilindro colocado debajo de la plataforma giratoria. Es muy ingenioso, pero los engranajes, el husillo vertical que conduce el lapiz y el peso de la plataforma producen rozamientos considerables, resultando que las indicaciones en vientos flojos son inexactas.

El anemómetro de Osler, por ser uno de los que se han usado en el Observatorio de Madrid, merece especial mención; véase cómo lo describe el Director Sr. Merino en un *Anuario* reciente:

«Este aparato consta esencialmente de una veleta de grandes dimensiones y de bastante sensibilidad, colocada sobre la bóveda ó torrecilla del Observatorio, y cuyo movimiento de rotación se transmite por el eje vertical, en conexión del cual gira con fuerza viva considerable, á una regleta dentada horizontal, situada bajo la bóveda y resguardada de la intemperie, y móvil siempre en la misma línea, ya en un sentido, ya en otro (de N. á S., por ejemplo, ó de S. á N.), conforme el sentido en que gire la veleta: directo, ó en el orden de las iniciales de los vientos N., E., S. y O.; es inverso, ú opuesto al anterior.



La regleta ó barra horizontal mencionada sostiene un lapicero, que por su propio peso descansa en un papel cuadriculado, donde se halla representada en desarrollo la rosa de los vientos: papel extendido sobre un tablero, también horizontal, y móvil con levisima resistencia en sentido perpendicular á la regleta, ó del O. hácia el E., por su conexión inmediata con un reloj que le empuja ó arrastra en este sentido, y le hace avanzar con movimiento uniforme un espacio determinado en el intervalo de cada 24 horas. Pasado este tiempo, se renueva el papel y se retrotrae el tablero á la situación en que se hallaba al comenzar el día precedente, con lo cual vuelve el aparato á funcionar, sin confusión ni dificultad de ningún género.

De la combinación de ambos movimientos, irregular y como desordenado del lapicero, procedente del de la veleta, y acompasado del tablero, que la máquina de la relojería produce, resulta trazaña en el papel una línea más ó ménos sinuosa, que no sólo indica, por su situación en la cuadrícula, cuál fué en cualquier momento la dirección del viento, sino en conjunto, cuáles fueron los cambios de dirección y oscilaciones súbitas ó pausadas, y muchas veces incesantes, de la veleta en el intervalo ó día á que la hoja corresponde. En días de calma ó de brisa, apenas perceptible, el primero de aquellos movimientos es nulo, y la línea resultante ó señalada por el lapicero por efecto exclusivo del segundo, se confunde con una recta. En los borrascosos, aunque de viento poco ondulado, la relación rectilínea se conserva en términos generales; pero el trazo resulta tembloroso é inseguro, como si procediese de mano febril, y expuesta á frecuentes y transitorias sacudidas. Y cuando el viento, fuerte ó débil, varía de rumbo sin cesar, el lapicero se agita de continuo y señala un trazo de considerable amplitud que, por su combinación con el movimiento del tablero, engendra una línea de sesgo muy extraño y por extremo significativa.

Los giros ó ondulaciones del viento pueden ser tan ámplios y repetidos en breve tiempo, que se apura y concluye el engranaje de la barra horizontal con el árbol vertical de transmisión del movimiento desde la veleta al lapicero: en cuyo caso éste abandonará el papel, y quedará el aparato fuera de servicio, mientras no se atienda á la reparación del fracaso, y se repongan las cosas en el sér y estado de un principio. Automáticamente, ó por sí sólo, el aparato á que nos referimos, desarreglado por el mismo viento, giratorio con demasiada insistencia en determinado sentido, no vuelve á concertarse y á funcionar en términos satisfactorios, aun cuando el viento cese de pronto y comience luego á soplar, girando en orden inverso. Para remediar la avería, necesitase entonces la intervención del observador, y su vigilancia casi continua, para evitar que el ligero desperfecto y paralización consiguiente del aparato se prolonguen demasiado tiempo. Y aun con este expediente, no siempre oportuno y eficaz, la necesidad no ménos imperiosa de desmontar de vez en cuando el anemómetro, en totalidad ó en parte, para atender á su limpieza y reparación, es causa de que sus indicaciones resulten incompletas ó interrumpidas en alguna ó varias hojas todos los años: como el lector tendrá ocasión de advertir en los cuadros numéricos insertos más adelante, y donde en compendio se hallan consignados los resultados de aquellas indicaciones. Semejante inevitable falta de carácter, en cierto modo fortuito, apenas debe, sin embargo, influir en la exactitud y trascendencia de las consecuencias inferidas del examen de los resultados correspondientes al conjunto del año ó al de varios años consecutivos.

Juntamente con la dirección del viento, el anemógrafo debería señalar en el mismo papel, aunque con distinto lapicero, y por referencia á escala ó cuadrícula muy distinta también, la presión ejercida por las corrientes aéreas contra una plancha de hierro, de aérea determinada y perpendicular á la veleta; y contra la cual actúa en sentido opuesto al del viento un fuerte resorte metálico que cede cuando el viento arrecia y devuelve la plancha á su posición primitiva tan pronto como se restablece la calma: presión transmisible al aparato indicador, ó al punzón apoyado en el tablero que la máquina de relojería arrastra con auxilio de un sistema de poleas y cadena, no demasiado sencillo, por el interior del cañón hueco que sirve de eje de rotación á la misma veleta. Pero sea por lo relativamente complicado del mecanismo destinado á la resolución del segundo problema; sea porque el resorte antagonista de la acción del viento se destemplay endurece, y varía de fuerza con el tiempo; sea porque las transmisiones de efectos no pueden verificarse desde la plancha receptora del impulso del viento al lapicero destinado á señalar la intensidad de este impulso, sin vencer para ello algunos rozamientos considerables, y lo que peor es, de índole variable por distintas causas; en nuestro aparato ni la presión resultaba marcada, á no ser en casos extremos muy excepcionales, cuando de la multiplicidad de trazos y sesgo tembloroso de la línea correspondiente á la dirección, acusaban la existencia de vientos muy violentos; ni con arreglo á escala, y sin error de mucha cuantía, podían compararse nunca las presiones de un día con las de otro cualquiera próximo ni remoto. Y como el viento en días borrascosos, al estrellarse contra la plancha receptora de su presión sin hacerla apenas retroceder, conmovía todo el aparato, desnivelaba la veleta y amenazaba tronchar al fin el eje vertical, fué menester, no sin repugnancia y después de muchos infructuosos ensayos para remediar los inconvenientes apuntados, renunciar al uso de aquella plancha, desmontarla y reducir el anemógrafo á su parte más elemental y sencilla, aunque también de mayor ó más frecuente utilidad.»

El anemómetro más generalizado actualmente es el de Robin-



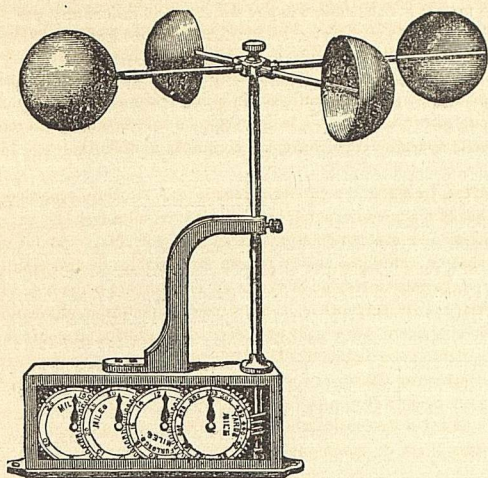


Fig. 2.

«Este aparato consta de un volante formado por dos varillas ó tubitos huecos de cobre, cruzados en ángulo recto, y afianzados por otros cuatro transversales que cierran un cuadrado del cual son las diagonales, un poco prolongados los dos primeros. En los extremos de estas diagonales existen cuatro hemisferios de hoja ó lámina de cobre muy delgada, huecos también, y orientados unos con respecto á otros del mismo modo, ó en términos de que siendo las bases ó secciones circulares de los cuatro perpendiculares al plano de las varillas ó del volante, la superficie convexa ó externa del inmediato.

Colocado el volante en posición horizontal y en conexión íntima con un eje vertical de acero muy delicado y dispuesto de modo que ni en la garganta metálica por donde pasa, y contra la cual se apoya para evitar el cabeceo lateral, ni en el punto inferior donde descansa, sean los rozamientos suficientes para dificultar en grado sensible su movimiento de rotación, los hemisferios citados, receptores del impulso del viento, siempre en igualdad de condiciones ó perfectamente orientados para ello, de cualquier rumbo que el viento sople girando con la misma suavidad, casi con que las hojas de los árboles se agitan, acariciadas por débil brisa. Y como entre la velocidad del viento y la de los centros de los hemisferios el Doctor Robinson ha procurado demostrar, y se admite como cierto, que existe muy aproximadamente la relación de 3 á 1, conocidas las dimensiones del volante, del número de vueltas que en determinado tiempo efectúe, fácil es inferir el espacio lineal que el viento habrá recorrido en el intervalo que en cada caso particular se considere. Al volante, pues, para completar el instrumento, debe acompañar, y acompaña siempre, en efecto, un contador de sus vueltas; ó el indicador, basado en la relación referida, de los metros ó kilómetros recorridos por el viento, á cuyo incesante impulso estuvo durante aquel tiempo y sin obstáculo alguno sometido.

El contador, compuesto de un sistema de ruedas dentadas, en relación unas con otras y concertadas de modo que, por sus cambios de posición con respecto á uno, dos ó más índices fijos, señalan el espacio recorrido por el viento entre dos momentos determinados, recibe el impulso que le mueve y pone en ejercicio, del árbol vertical del volante, expuesto en primer término á la violencia del viento. Pero la comunicación entre la primera rueda del contador y el eje vertical mencionado, puede ser inmedia ó directa: lo cual aumenta un poco los rozamientos y resistencias que el principal motor debe vencer; ó distante é indirecta, por el intermedio de la electricidad, y en el concepto referido algo más ventajosas. E indirecta es, ó de la segunda especie, la establecida entre ambos miembros componentes de nuestro anemómetro.

Desde el molinete, receptor del viento, que se halla instalado sobre la bóveda del edificio, en lugar de penoso acceso, hasta el contador de velocidad, colocado á considerable distancia en la oficina de cálculo, y á la vista de los observadores se extiende un alambre telegráfico, por el cual circula una corriente eléctrica, que el árbol vertical del volante establece ó interrumpe con cierta periodicidad y facilidad suma, ó mínimo esfuerzo, y mantiene establecida ó interrumpida sucesivamente, mientras el volante, de 0 m, 424 de diámetro ó 1 m, 333 de circunferencia, gira y efectúa 2 1/2 revoluciones; ó el viento recorre muy aproximadamente el espacio lineal triple de 10 metros.

La máquina del contador es exactamente igual á la de un reloj, destinado á señalar horas, minutos y segundos, por la acción intermitente de un electroimán, activo ó inerte durante el tiempo mencionado ó mientras el volante da 2 1/2 vueltas: de manera que de la diferencia de indicaciones de sus tres agujas,

son, quien lo comenzó en 1843 y terminó en 1846 (1). La fig. 2 representa el aparato ordinario con un contador. El que funciona en el Observatorio de Madrid ha sufrido algunas modificaciones, conforme se verá por la siguiente descripción publicada por el Director de dicho establecimiento:

(1) Description of an improved anemometer for registering the direction of the wind, and the space which it traverses in given intervals of time, by the Rev. T. R. Robinson.—Trans. of the Royal Irish Academy, 1852.

en dos distintos momentos, á razón de 10 metros por segundo, 600 por minuto, ó 36 kilómetros por hora aparente, se concluye en el acto el espacio recorrido por el viento entre los dos momentos á que las lecturas ó observaciones se refieren. En este contador pueden, según lo expuesto, sumarse ó totalizarse hasta 860 kilómetros de velocidad del viento, sin que las agujas recuperen su posición primitiva, y resulten por ningún estilo ambiguas sus indicaciones; y más de 860 kilómetros por día, como luego se verá, son muy pocos los días del año que recorre el viento, soplando para ello de continuo casi y en términos muy molestos. Pero ni en estos días excepcionales es de temer confusión ó trabacuenta alguna de tantos cientos de kilómetros, leyendo conforme se practica siempre las indicaciones del contador en momentos separados uno de otro por el intervalo común de tres horas, ó de seis, á lo sumo, entre cada dos series de observaciones trihorarias, desde las doce de la noche á las seis de la madrugada.

La idea de separar del volante el contador de sus vueltas, y de relacionar ambos miembros del mismo aparato por medio de la electricidad, no nos fué sugerida por el simple deseo de aminorar los rozamientos que el primero debería vencer y los errores consiguientes en las indicaciones del segundo, sino por la necesidad de reducir y facilitar el trabajo de observación todo lo posible. Hallándose el receptor del viento en lo más encumbrado del edificio, si junto con él estuviere el contador tantas veces como hubiera de leerse lo que éste señala, otras tantas habría de subir unos cien escalones, y de día ó de noche, y lo mismo en momentos de bonanza que de borrasca, escalar gateando la bóveda y exponerse á la intemperie, y á resbalar y caer al menor descuido: no sabe bien quien no lo vea desde qué altura ni hasta qué profundidad tan temerosa. La construcción del Observatorio es tan disparatada ó inconveniente para el objeto á que debería responder si al erigirle se hubieran tenido en cuenta las necesidades y legítimas exigencias científicas que la conservación nada más que en regular estado de servicio de los aparatos anemométricos constituye una verdadera dificultad y hasta un peligro grave para los observadores, que no hay modo de eludir. Le habría, sí, muy sencillo y eficaz, reemplazando la bóveda superior, empinada y escueta, ó sin asidero ni baranda protectora, por una azotea plana ó en figura de pirámide muy rebajada, como años atrás se proyectó, precisamente con objeto de mejorar y ampliar el servicio meteorológico; pero el respeto, bien ó mal entendido, á lo que ha dado en llamarse obra ó monumento de arte, fué motivo suficiente para que los intereses y derechos de la ciencia quedasen entonces, como tantas otras veces suelen quedar en países donde la imaginación y el entusiasmo predominan y se sobreponen á la reflexión y á la conveniencia, perjudicados y desatendidos. No hay más que resignarse y procurar deducir de lo existente el mejor partido posible.»

El precio del anemómetro Robinson, tal como se representa en la fig. 2, es de 3 libras esterlinas en la fábrica de J. Hicks de Londres.

Para que se vea cuán importantes resultados se obtienen de todas estas observaciones, al parecer nada más que científicas, diremos que las cartas de vientos publicadas, en las cuales se marcan gráficamente las resultantes de todas las fuerzas del viento, combinadas con sus direcciones, para puntos determinados en cada estación del año, han contribuído á disminuir los trayectos, y por ende los fletes. Por ejemplo, el viaje de los barcos de vela de Nueva-York al Ecuador, se acortó en 10 días, y desde el mismo punto á California se redujo en 28 días, es decir, de 183 á 155. La economía en coste puede calcularse, sabiendo que el flete de los Estados-Unidos, antes de 1850, á los puertos de América del Sur, China y las Indias Orientales, era por término medio de 15 céntimos de peso por tonelada y día. Suponiendo el pasaje acortado en 15 días y las toneladas transportadas en 1.000.000 anuales, resulta una economía de 2.250.000 pesos al año sólo en el viaje de ida, sin contar con el resto del comercio de los Estados-Unidos con los demás puntos del globo.

Los anemómetros descritos sólo sirven para los observatorios; pero si queremos comparar los resultados de unos molinos con otros, no son bastante manuales para llevarse consigo; así es que cuando yo he tratado de hallar la relación del trabajo de los molinos antiguos de la



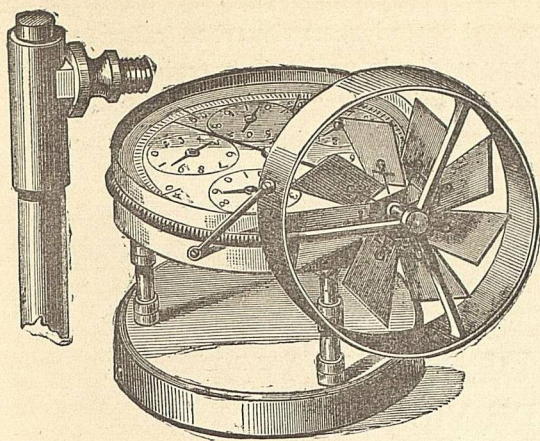


Fig. 3.

con 8 aspas de chapa muy delgada de aluminio; el eje comunica con un mecanismo de relojería que indica el número de revoluciones; la aguja del centro señala metros y las otras cinco esferas pequeñas, cientos, millares, decenas y centenas de millar, y la última millones de metros. Al costado lleva una patilla para desengranar el eje del molinete con el

Consta de un molinete de 6 cm. de diámetro

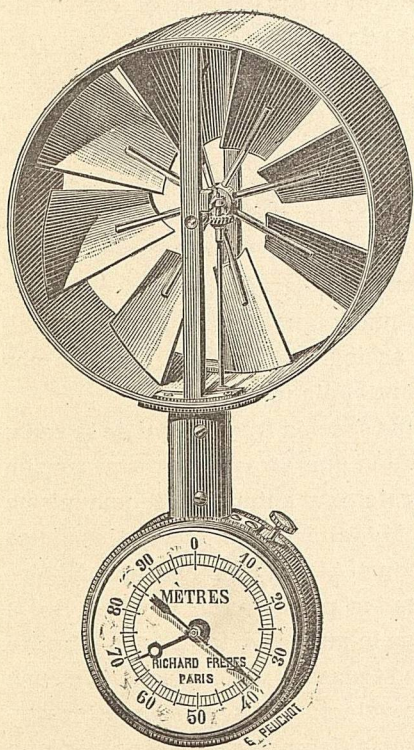


Fig. 4

representa la fig. 4; se compone de un molinete de aluminio mon-

Mancha con los modernos americanos, he tenido que valerme del único anemómetro pequeño que encontré en el comercio representado en la fig. 3, el cual no considero muy exacto; pero teniendo cuidado de orientarle bien, las observaciones sirven para determinar diferencias.

contador, pero sin detener la marcha de aquél á fin de que no se estropee por una parada repentina, facilitando así las observaciones. Para medir la velocidad en un tiempo dado, se apunta la cifra que marca el contador al tiempo de comenzar y al terminar, y la diferencia dá el número de metros recorridos por el viento, deduciéndose por cálculo la presión correspondiente por metro cuadrado. Acompaña al aparato un casquillo con espiga para atornillarla en un taladro roscado que aquél tiene en la parte inferior, con objeto de asegurarlo en la punta de un bastón, cuando se emplea en galerías, chimeneas ó parajes donde no se puede tener en la mano.

Recientemente se ha presentado otro anemómetro de bolsillo más sencillo que el anterior; conforme

tado en un eje provisto de tornillo sin fin, que engrana en un piñón que transmite el movimiento al contador, en el cual se indica la velocidad del aire en metros; por medio de un botón exterior se conecta el contador con el molinete. El conjunto está dispuesto de modo que pueda mantenerse fácilmente en la mano, á fin de obtener la conveniente exposición del molinete al viento.

TEORÍA DE LOS MOTORES DE VIENTO.

Un motor de viento es un receptor destinado á utilizar los movimientos naturales del aire. La mayor parte de los molinos existentes constan de aspas montadas en brazos normales al eje que transmite el movimiento á las piedras, bombas ú otros artefactos.

Pero antes de tratar de la resolución del problema de forma, dimensiones y velocidades de las aspas de molinos de viento, será conveniente considerar el efecto de una vena líquida sobre un plano, pues que parece más tangible operar con agua ú otro líquido que con aire, aunque el efecto para el cálculo sea análogo.

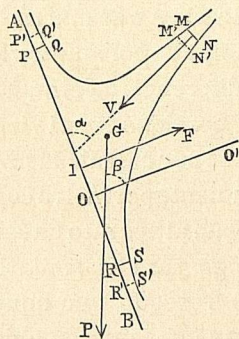


Fig. 5.

Sea AB (fig. 5) un plano material indefinido, sobre el cual cae un chorro ó vena fluída. Y tratemos de determinar la resultante F' de las presiones normales ejercidas por el plano sobre la vena líquida, igual y contraria á la resultante de las acciones normales ejercidas por el chorro sobre el plano.

Sea MN una sección transversal de la vena; los filetes fluídos que atraviesan esta sección son todos paralelos y animados de una misma velocidad V . Más allá de esta sección los filetes fluídos diverjen y vienen á chocar con el plano, tomando velocidades variables de un filete al otro, pero todos paralelos al plano AB . La vena toma pues la forma $MQSN$; se la puede cortar por un cilindro $PQRS$ normal al plano AB , y tal que todas las moléculas fluídas, una vez franqueado este cilindro, tengan velocidades sensiblemente paralelas á este plano. Esta hipótesis no sería siempre admisible si el plano AB fuera limitado ó si se sustituyera por una superficie curva.

Apliquemos al sistema material comprendido entre el plano MN y la superficie PQRS el teorema de las cantidades de movimiento proyectadas sobre un eje OO', normal al plano AB. Si en un tiempo infinitamente pequeño dt , el sistema se transporta de la posición MNPQRS á la posición M'N'P'Q'R'S' el crecimiento de las cantidades de movimiento se obtendrá restando las cantidades de movimiento de las moléculas en MN, M'N' de las cantidades de movimiento de las moléculas comprendidas entre las dos superficies PQRS y P'Q'R'S', cuyas cantidades de movimiento están proyectadas sobre la recta OO'. Las cantidades de movimiento de las moléculas que componen el anillo líquido PQRS, P'Q'R'S' son nulas en proyección, pues que las velocidades de estas moléculas son normales al eje.

Las moléculas en MN, M'N' tienen una velocidad V, que hace con el plano un ángulo α y con el eje de proyección un ángulo $\frac{\pi}{2} - \alpha$. Sea Ω la sección MN; el volumen MN, M'N' será $\Omega \times V dt$, la masa $\frac{\Pi}{g} \Omega V dt$, y la cantidad de movimiento proyectada será por consiguiente $\frac{\Pi}{g} \Omega V^2 dt \sin \alpha$.

Las fuerzas que obran sobre el sistema son:

1.º La presión atmosférica, que reina sobre toda la sección MN, puesto que el derrame se verifica por filetes paralelos, y que envuelve todo el volumen de la vena líquida; ella se destruye en proyección sobre un eje cualquiera.

2.º La reacción normal del plano, abstracción hecha de la presión atmosférica; nosotros la representaremos por la letra F; el punto de aplicación de esta fuerza es desconocido.

El rozamiento del fluido contra el plano AB es normal al eje OO', y no dá nada en proyección.

3.º El peso de la masa fluída, fuerza vertical aplicada en su centro de gravedad G, y que representaremos por P.

El teorema de cantidades de movimientos dá en definitiva:

$$\frac{\Pi}{g} \Omega V^2 dt \sin \alpha = (P \cos \beta - F) dt$$

de donde se deduce

$$F = P \cos \beta + \frac{\Pi}{g} \Omega V^2 \sin \alpha$$

La fuerza F se compone, pues, de dos partes. La primera, $P \cos \beta$, es la componente normal del peso de la masa MNRSPQ apoyada sobre el plano inclinado AB; es lo que se llama la *presión estática* para indicar que ella subsistiría todavía si la masa fluída se solidificase y apoyase en el plano.

La segunda parte $\frac{\Pi}{g} \Omega V^2 \sin \alpha$ depende de la velocidad V , y constituye la *presión dinámica* de la vena. Ella se expresa por el producto $2 \Pi \Omega \times \frac{V^2}{2g} \sin \alpha$, ó por el duplo del peso de un cilindro fluido que tenga por base la sección Ω , por longitud de arista la altura $\frac{V^2}{2g}$ debida á la velocidad V , y en la cual las aristas formarían con el plano de la base un ángulo α .

La misma teoría se aplica al caso en que el plano sea móvil; solamente es preciso sustituir á la velocidad V la velocidad relativa de la vena con relación á este plano.

Volviendo al caso más sencillo de un molino compuesto de aspas, supongamos sea AB (fig. 6) la proyección horizontal y ab la proyección vertical del eje de rotación; busquemos la acción ejercida por el aire en su movimiento relativo sobre el elemento de superficie gaucha proyectado horizontalmente en $CD D' C'$ y verticalmente en $cd d' c'$. Llamaremos ω la velocidad angular del aspa alrededor del eje (AB, ab).

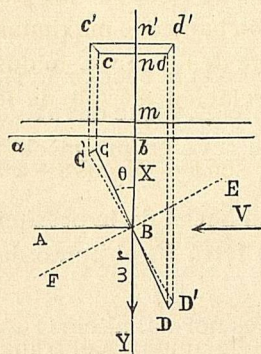


Fig. 6.

El elemento del aspa se define por su distancia $r = bn$, al eje de rotación; por el ángulo θ que la generatriz de la superficie gaucha hace con el plano medio XY del molino, ó con un plano normal al eje de rotación; en fin, por su latitud $dr = nn'$ y longitud $b = CD$. Siendo ω la velocidad angular del aspa alrededor del eje AB , la velocidad lineal del punto n será igual á ωr en la dirección BY . Esta velocidad es casi la misma para todos los puntos del elemento considerado. Estimemos la velocidad relativa normal

del aire con relación al elemento $CD, D' C'$; bastará para encontrarla proyectar las velocidades sobre la normal EF á este elemento, y restar las velocidades llevadas así al mismo sentido. La velocidad absoluta del aire dá según esta dirección una componente $V \cos \theta$; la velocidad absoluta del elemento tiene la componente $\omega r \sin \theta$, y la velocidad normal relativa es igual á $V \cos \theta - \omega r \sin \theta$. La presión dinámica ejercida por el viento sobre el elemento, tiene por valor el producto

$$K d b r (V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2.$$

K representa un coeficiente que varía con el peso específico del aire; $d b r$ la superficie comprimida, y $(V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2$ el cuadrado de la velocidad relativa estimada normalmente á la superficie.

El camino recorrido por el elemento del aspa durante el tiempo dt , es igual á $\omega r dt$, en la dirección B Y; proyectado sobre la dirección de la fuerza es igual á $\omega r dt \sin \theta$.

El trabajo elemental correspondiente al tiempo dt es, pues, para la pequeña superficie C D D' C'.

$$K b d r (V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2 \times \omega r dt \sin \theta.$$

Y para la unidad de tiempo será:

$$K b d r (V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2 \times \omega r \sin \theta.$$

Y para las cuatro aspas, el trabajo T recogido por el aparato se obtendrá tomando la integral de esta diferencial para todos los elementos de las aspas. Se tendrá, pues, en definitiva, haciendo salir los factores constantes del signo \int ,

$$T = 4 K b \omega \int_{r^0}^{r^1} (V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2 \sin \theta r dr$$

r^0 y r^1 representan los límites extremos del aspa, siendo θ entre estos límites una función conocida de la variable r .

Para encontrar la forma más conveniente del aspa correspondiente á valores dados de V y de ω , se deberá determinar la función θ , de manera que la integral sea máximum. Como ella se compone de elementos todos positivos, se satisface á la condición haciendo máximum cada uno de estos elementos independientemente de los otros, lo que equivale á igualar á cero la diferencial con relación á θ sólo de la cantidad colocada bajo el signo \int . Resulta así:

$$2 (V \cos \theta - \omega r \sin \theta) (-V \sin \theta - \omega r \cos \theta) \sin \theta + (V \cos \theta - \omega r \sin \theta)^2 \cos \theta = 0.$$

Esta ecuación se descompone en dos factores, á saber:

$$V \cos \theta - \omega r \sin \theta = 0.$$

$$(V \cos \theta - \omega r \sin \theta) \cos \theta - 2 (V \sin \theta \times \omega r \cos \theta) \sin \theta = 0.$$

La primera solución es inadmisibile, porque ella anularía el trabajo T que quiere hacerse máximum; ella define la forma del aspa que, moviéndose con la velocidad angular ω en el aire animado de la velocidad V, no recibiría de parte del viento ninguna acción normal.

La otra ecuación dá la condición deseada: dividiendo por $2 V \cos^2 \theta$, y cambiando los signos, resulta

$$\tan^2 \theta + \frac{3 \omega r}{2 V} \tan \theta - \frac{1}{2} = 0.$$

Esta ecuación dá para $\tan \theta$ dos valores, el uno positivo, el otro negativo; el primero sólo resuelve la cuestión en el sentido directo de su enunciado. Se vé que la forma más conveniente del aspa varía con la relación $\frac{\omega}{V}$.



En los motores de viento la acción del aire se puede transmitir mediante ruedas de aspas, ó superficies planas ó curvas dispuestas de varias maneras. Las unas con eje horizontal y paralelo á la dirección del viento; otras con eje vertical y perpendicular á la dirección del aire. Las condiciones de estas especies de sistemas están fundadas en consideraciones diferentes. Los de eje vertical pueden ser de forma que no requieran orientación, ya de velas triangulares, de aspas cortadas y de superficies curvas como las turbinas, ya en forma de casquetes, como el anemómetro Robinson, en que la superficie de las velas es una especie de embudo, presentando alternadamente su base y su vértice á la dirección del viento.

Sería prolijo entrar en más pormenores acerca de los innumerables sistemas que no han logrado aceptación, porque esto mismo los condena; pero sí nos conviene conocer los estudios hechos sobre los que han subsistido en trabajo útil durante siglos, cuales son los de eje horizontal tal como vienen funcionando en España, en Holanda y en otras partes.

Si consideramos un molino cualquiera de cuatro aspas de los más comunes en Holanda, en donde hay muchos miles funcionando, observaremos desde luego que la inclinación del eje sobre el horizonte es de 10° á 12° , y que suponiendo tan sólo 6 travesaños en cada una de las aspas, los ángulos resultan ser:

Travesaños.	Ángulo con el eje de rotación.	Ángulo con el plano de movimiento.
1	70°	20°
2	71°	19°
3	72°	18°
4	74°	16°
5	$77^{\circ}3'$	$12^{\circ}7'$
6	83°	7°

En algunos molinos de la Mancha el primer travesaño forma un ángulo de 69° y el último 74° ; pero realmente no hay mucha uniformidad en este particular.

Como los mayores ángulos de impulso dependen de la relativa velocidad del viento y del molino, y la de éste depende de la cantidad de trabajo ó esfuerzo en cada vuelta, la determinación de los mejores ángulos es de necesidad y debiera ser objeto de estudio especial para cada caso.

La inclinación del árbol de las aspas depende del ángulo que la



dirección del viento forma con la tierra, y se resuelve por la práctica; varía entre 8° y 15° , tomándose un término medio de 11° , 30° .

También por la experiencia se estima que la velocidad que deben llevar las aspas en el extremo exterior es de 2,5 á 2,7 veces la del viento para que el molino produzca el mayor efecto útil, y de 4 veces cuando marcha sin carga. Según los ensayos de Smeaton, cuando las velocidades eran de 1 á 2, los efectos fueron de 1 á 7,02. Expresando la cantidad de trabajo transmitido por la fórmula

$$Tr = (0,13) \omega V^3 \text{ kilográmetros.}$$

En la cual ω representa la superficie de las velas y V la velocidad del viento por segundo expresada en metros; 0,13 es el coeficiente que representa la inclinación más favorable de las aspas para que la relación de velocidad con el viento sea de 2,6. La velocidad más conveniente para el trabajo resultaba ser de 6 á 7 metros.

Siendo P el esfuerzo que obra en la extremidad del aspa, y v la velocidad de esta extremidad, el trabajo por segundo será Pv , y se tendrá

$$Pv = Tr = 0,13 \omega V^3$$

pero

$$v = 2,6 V$$

por consiguiente

$$P = \frac{0,13}{2,6} \omega V^2$$

y reduciendo se encuentra para el esfuerzo que obra en la extremidad del aspa

$$P = \frac{1}{20} \omega V^2.$$

Respecto de los motores modernos faltan datos exactos acerca del rendimiento, puesto que aparte de otras causas hay que considerar un coeficiente determinado sólo por la práctica.

A causa de la proverbial inconstancia del aire, estos experimentos son realmente muy difíciles de llevar á cabo; así es que lo único que ha servido de comparación ha sido la cantidad de agua que elevan á determinada altura, deduciendo la fuerza calculada por rozamientos.

Coulomb expresó el rendimiento con la fórmula

$$N = k F v^3$$

En la cual N representa la fuerza en caballos de vapor (75 kilográmetros por segundo), F la superficie de aspas ó velas en metros cuadrados; v la velocidad del viento en metros por segundo; k es un coeficiente convencional dado por la práctica de los molinos antiguos, y al que Coulomb asigna el valor de 0,0004 y que otros Ingenieros asignan para molinos mejor contruídos 0,0005. La fórmula sería, pues,

$$N = 0,0005. F. v^3.$$



Más como en los molinos modernos queda libre $\frac{1}{3}$ del diámetro, podemos expresar el valor de F.

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} - \frac{d^2}{9} \frac{\pi}{4} = \frac{2 d^2 \pi}{9} = 0,697 d^2,$$

y para la fórmula anterior.

$$N = 0,0005 \cdot 0,6981 d^2 v^3 = 0,0003485 d^2 v^3.$$

y suprimiendo las últimas cifras, quedará:

$$N = 0,00035 d^2 v^3.$$

Vemos que el rendimiento está en razón directa del cuadrado del diámetro y la 3.^a potencia de la velocidad.

Así, una rueda de 6 metros de diámetro tiene cuatro veces más fuerza que una de 3 metros.

Disminuye, por ejemplo, la velocidad para el mismo motor, de 7 metros por segundo á 3 metros por segundo; entonces los rendimientos están en la proporción de 7^3 á 3^3 , ó sea de 343 á 27; es decir, que el rendimiento es sólo de $\frac{1}{13}$ del anterior.

Por eso hay que tener mucho cuidado con las cifras que estampan los catálogos de molinos, cuando fijan la fuerza con una velocidad de 7 metros, como hacen la mayor parte, porque no siendo ésta la normal, puede caerse en errores lamentables.

Tomando por base la fórmula $N = 0,0005 F v^3$, compararemos el rendimiento correspondiente para cada velocidad.

**Rendimiento de molinos americanos en caballos de vapor,
con diferentes velocidades del viento.**

$N = k F v^3$, $k = 0,0005$, $v = 2, 4, 6, 7, 8, 10$ metros por segundo.

Diámetro en pies ingleses.	DIÁMETRO en metros		Superficie de trabajo.	F	F k	N PARA VELOCIDADES DE					
	Exter.	Inter.				$v=2$ $v^3=8$	4 64	6 216	7 343	8 512	10 1000
8	2,44	0,81	4,8—0,5	4,3	0,0021	0,017	0,137	0,464	0,720	1,075	2,1
10	3,05	1,02	7,1—0,8	6,3	0,0031	0,025	0,198	0,669	1,063	1,587	3,1
12	3,66	1,22	10,7—1,1	9,6	0,0048	0,038	0,307	1,037	1,646	2,458	4,8
14	4,27	1,42	14,5—1,5	13,0	0,0065	0,052	0,416	1,404	2,229	3,328	6,5
16	4,88	1,63	18,8—2,0	16,8	0,0084	0,067	0,538	1,814	2,881	4,300	8,4
18	5,49	1,83	23,7—2,5	21,2	0,0106	0,085	0,678	2,290	3,636	5,427	10,6
20	6,10	2,03	29,2—3,1	26,1	0,0135	0,108	0,864	2,916	4,630	6,91	13,5
25	7,62	2,54	45,3—4,9	40,4	0,0202	0,162	1,293	4,363	6,929	10,34	20,2
30	9,14	3,05	69,3—7,0	62,3	0,0311	0,249	1,990	6,717	10,67	15,92	31,1
36	10,97	3,66	95,0—10,0	85,0	0,0425	0,340	2,720	9,180	14,58	21,76	42,5
40	12,19	4,06	116,0—12,6	104,4	0,0522	0,418	3,351	11,275	17,90	26,73	52,2
50	15,24	5,08	181,0—20	161,0	0,0805	0,644	5,152	17,390	27,61	41,22	80,5



Aceptando $v=4$ como término de velocidad media tenemos (reducido de la fórmula anterior.)

$$N=0,02112 d^2 \text{ (d en metros)}$$

de donde

$$d = \sqrt{\frac{N}{0,02112}} = 6,88\sqrt{N}$$

Con esta fórmula obtenemos, dado el diámetro de las ruedas, la fuerza en caballos, ó dada la fuerza que se requiere, el diámetro del molino que se necesita.

Por ejemplo: ¿Qué fuerza dará un molino de 6,1 metros de diámetro con la velocidad media de 4 metros por segundo?

$$d=6,1 \text{ } d^2 37,21 \text{ y } N=0,02112 \times 37,21 = 0,786 \text{ caballos.}$$

O la inversa: ¿Que diámetro debe tener un molino para que dé con velocidad media de 4 metros una fuerza de $\frac{3}{4}$ de caballo?

$$d=6,88\sqrt{N}=6,88\sqrt{0,75}=6,88 \times 0,866 = 5,96 \text{ metros.}$$

Supongamos que se desea un motor de 2 caballos; si tomamos al pié de la letra lo que dicen los catálogos de fabricantes, con un motor de 14 piés, á la velocidad constante de 7 metros, se obtendrá la fuerza deseada y su coste es de 1.300 pesetas; pero como esa velocidad no es la normal, y se debe tomar la de 4 metros, resulta que hace falta un motor de 30 piés que cuesta 4.700 pesetas. En cambio éste podrá trabajar al año triple número de días que aquél.

Desde luego tiene cuenta gastar algo más al principio, puesto que se ganan días de trabajo, y siendo para sacar agua, esa circunstancia es muy atendible.

Respecto á la fuerza que anuncian los fabricantes, según Corcoran por ejemplo:

Un motor de 25 piés de diámetro suministra ó extrae de 30,5 metros de profundidad 227 litros de agua por minuto.

Por tanto

$$N = \frac{227 \times 30,5}{60 \times 75} = 1,54 \text{ caballos contra 6 que dice el catálogo, ó}$$

sea 0,257 de lo anunciado.

Otro ejemplo.

Un motor de 14 piés saca de 15,25 metros 103 litros por minuto.

Luego

$$N = \frac{103 \times 15,25}{60 \times 75} = 0,342 \text{ caballos contra 2 que dice el pros-}$$

pecto, ó sea 0,174 de lo anunciado.

Por término medio, pues, resulta:

$$\frac{0,257 + 0,174}{2} = 0,216 \text{ de lo que dice su catálogo; es decir, que}$$

hay que rebajar á la 5.^a parte lo que anuncian los prospectos.

De Halladay, por ejemplo, tomaremos otros: 2 bombas de 18 pulgadas cuadradas hacen 25 emboladas de 18 pulgadas por minuto. Suben 75.000 galones por hora á 7 piés de altura. Un molino de 30 piés hace este trabajo fácilmente.

En medidas métricas: bomba 457 m/m cuadrados, carrera 457 m/m, altura de elevación 2,134 metros, cantidad elevada 282.750 litros por hora.

El rendimiento teórico es:

$$0,457 \times 0,457 \times 2 \times 0,457 \times 25 = 4,77 \text{ metros cúbicos por minuto ó } 286.320 \text{ litros por hora en lugar de los 282.750 del prospecto.}$$

La fuerza en caballos de vapor que representa es

$$\frac{4772 \times 2,134}{60 \times 75} = \frac{10183,45}{4500} = 2,26 \text{ en lugar de 8 consignado en la}$$

tabla; por consiguiente, $\frac{2,26}{8} = 0,28$ de la misma.

Según otro fabricante, Filler, de Hamburgo, un motor de 12 piés eleva en 2 horas 55 minutos 10.000 litros de agua á 8 metros de altura.

$$N = \frac{1000 \times 8}{175 \times 60 \times 75} = 0,102$$

contra un caballo que expresa la tabla.

Otro ejemplo del mismo.

Un motor de 12 piés saca en 2 horas 20 minutos 10.000 litros de agua de 5,65 metros de profundidad.

$$N = \frac{10.000 \times 5,65}{140 \times 60 \times 75} = 0,09 \text{ en lugar de un caballo que dice el fabricante.}$$

Estos ejemplos confirman lo que antes hemos dicho de que debe rebajarse de la fuerza consignada en los prospectos lo ménos la mitad de la mitad.

Además hay que tener muy presente las condiciones de la localidad, con objeto de calcular con exactitud lo que puede esperarse de un motor dado.

Para ello debe comenzarse por formar una tabla de los vientos reinantes tomada de un decenio y valernos de la fórmula $N = 0,0005 F v^3$ considerando 0,0005 F como constante, de suerte que:

$$\text{Rendimiento } R = \text{número de días} \times \text{constante} \times v^3.$$

Podemos tomar la constante 0,0005 F por 1, y será:

$R = N v^3$ (siendo N el número de días que hay con velocidad determinada). Supongamos, por ejemplo, la siguiente tabla:



NÚMERO DE DÍAS AL AÑO	VELOCIDAD = v —	v^3	$N v^3 = R.$	TANTO POR 100 DEL TOTAL DEL RENDIMIENTO.
21	0,7	0,343	7	0,01
77	2,1	9,26	713	1, 2
99	3,6	46,7	4623	8, 1
77	5,0	125	9325	10, 1
48	6,4	262	12576	22
25	7,9	493	12325	21
11	9,3	804	8844	15
5, 3	10,7	1225	6492	11
1, 4	12,2	1816	2542	4, 4
0, 1	13,6	2515	251,3	0, 4
0,03	15,0	3376	101,2	0, 2
			57800	99, 4

Con presencia de datos semejantes puede calcularse el tamaño ó fuerza del motor, y si se quiere aplicar á extracción de agua no estará de más consultar una tabla de rendimiento á fin de determinar la dimensión de las bombas, sabiendo que el efecto útil no excede de 75 por 100 aun en las mejor construídas, y entonces la fuerza de un caballo con relación á la altura de un metro, es de

$$75 \times 0,75 = 56,25 \text{ litros.}$$

Un motor americano de 3,6 metros de diámetro cuyo tercio interior no lleva aspas, tiene una superficie de trabajo de 9 metros cuadrados, y dará en caballos vapor

$$\begin{array}{l} \text{Vel. del viento en m. por segundo.} \quad 4-5-6-7-8 \\ \text{Caballos} \dots\dots\dots \quad 0,3 \ 0,6 \ 1,0 \ 1,5 \ 2,3 \end{array}$$

La siguiente tabla puede servir de guía prudente para establecer el cálculo de extracción.

Cantidad de agua elevada en litros por minuto á diferentes alturas, con velocidad del viento de 4 metros por segundo.

Diámetro de la rueda — METROS.	1 m	5	10	15	20	30	40	50	60 m.
2,44	3 77	75	38	25	19	13	9	7	6
3,05	589	120	59	40	30	20	15	12	10
3,66	849	170	85	57	42	28	21	17	14
4,27	1.155	231	116	77	58	39	29	23	20
4,88	1.507	502	151	101	76	50	38	30	25
5,49	1.910	382	191	127	96	64	48	38	32
6,10	2.359	472	236	157	118	79	59	47	40
7,62	3.681	736	368	245	184	123	92	74	61
9,14	5.296	1.059	530	320	265	177	132	106	88
10,97	7.630	1.526	736	509	381	254	190	153	127
12,19	9.421	1.884	942	628	471	314	235	188	157
15,26	11.734	2.947	1.473	982	726	491	363	295	245

Insistimos, pues, en que cualquiera que sea el sistema de motor que se adopte deben estudiarse de antemano la situación y trabajo á que se destina, no olvidando que si bien en teoría bastan 9 metros cuadrados de superficie para obtener un caballo de fuerza con velocidad del viento

de 6 metros por segundo, lo ménos la tercera parte se consume en rozamientos, y es preciso aumentar proporcionalmente el tamaño, no tan sólo por este concepto, sí que también en razón de la velocidad media del aire en el punto donde vaya á instalarse, y por último, calcular con exceso lo solidez de la torre mediante la fórmula $0,1485 v^2$ que dá la presión en kilogramos por metro cuadrado en función de la velocidad del viento.

MOLINOS DE LA MANCHA.

Son indudablemente de la misma construcción que los que cita Cervantes en *Don Quijote*, pues no se advierte en ellos pieza alguna que requiera herramientas modernas. No hemos podido averiguar la época de su introducción en España, aunque se supone que datan del tiempo de los árabes, por serles conocidos del Asia Menor.

Todo el que haya viajado por la carretera de Andalucía ó la vía férrea de Alicante, recordará el tipo de molino á que nos referimos.

Desde Alcázar se cuentan en las inmediaciones del pueblo unos 9 ó 10 funcionando, y otros 6 ó 7 abandonados al parecer; hácia el campo de Criptana se ven más de 20; por la parte de Herencia 7; á lo lejos, sobre las primeras estribaciones de los montes de Toledo, en Consuegra, se destacan sobre el horizonte 8 molinos, y por Madridejos 2 ó 3. Vemos, pues, que á pesar del trabajo irregular y detestable de la molienda, este sistema puede decirse que es el único que todavía se emplea en muchos pueblos para moler el trigo, centeno, titos y cebada.

La fig. 7 representa la perspectiva de un molino de Alcázar, y es una reproducción de la fotografía que obtuvimos expresamente. La torre mide 6 metros de diámetro y unos 9 metros de altura hasta la caperuza giratoria. Termina la torre en la parte superior en un aro de pinas de encina bien sujeto á la fábrica. Sobre dicho aro descansan las cabezas de las traviesas ó tirantes enlazados entre sí formando solera y con las vigas del techo, las cuales se reúnen en el vértice del cono en un nabo ó cañón. Sobre los pares van clavados listones para sostener la paja de la cubierta.

Descansando en la solera hay una piedra bóllega de 60 cm de altura, con un rebajo semicilíndrico de 36 centímetros de diámetro,



que sirve de cojinete al eje de las aspas, el cual tiene una inclinación de 10° á 11° sobre el horizonte, y su extremo apoya en otra piedra colocada al lado opuesto de la solera. El eje mide siete metros de longitud, hecho de un tronco de pino, torneado sólo en la parte que descansa y gira sobre la piedra, reforzado en dicha parte con lañones de hierro en sentido longitudinal.

Cada una de las cuatro aspas se compone de un palo ó vela de 9,5 metros, otro llamado macho que sujeta los extremos de cada dos velas opuestas, y tiene de longitud 16 á 17 metros, y otro mucho más corto, llamado remacho, que también atraviesa el eje y sirve de apoyo á los anteriores. En cada aspa hay veinte teleras que atraviesan el palo, y dos listones paralelos á él formando 19 peldaños de 2 metros de longitud.

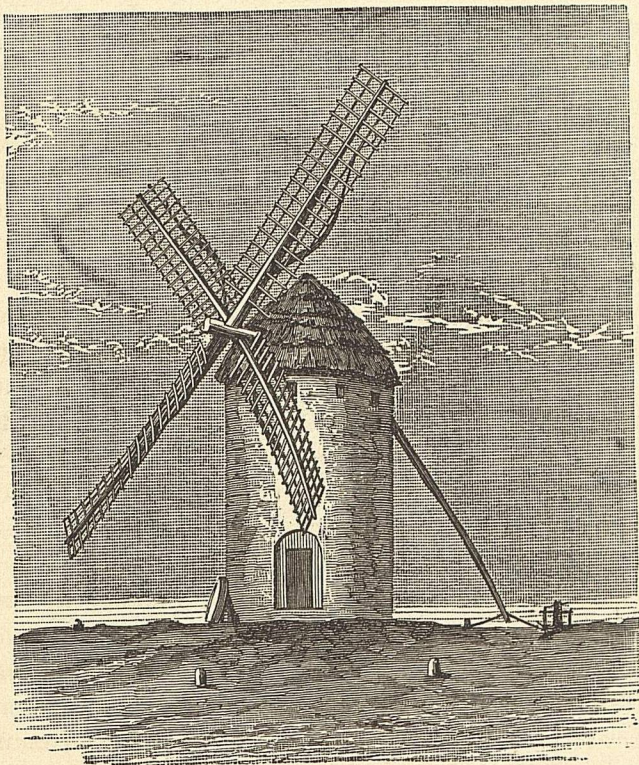


Fig. 7.

El conjunto del aspa presenta una superficie alabeada inclinada de 69° á 72° con el plano del eje.

Los lienzos, que miden cerca de 8 metros de longitud por 2 de ancho, llevan una tomiza gruesa á los bordes, la cual se engancha en las cabezas salientes de las teleras.

La transmisión de movimiento se verifica mediante una rueda de 1 m 30 de radio calada al eje, con 40 dientes, que engranan en una linterna vertical de álamo negro de 50 c/m de diámetro, con 8 husillos ó dientes, cuyo eje engancha en la alabija, ó sea pieza de hierro de dos aletas que lleva la muela volandera del molino.

Las muelas son de una pieza, procedentes la mayor parte de Mota del Cuervo, de 1 m 60 de diámetro y 20 c/m de espesor, con picado curvo, sin rayones.

Cuando visitamos estos molinos la velocidad del aire era poco favorable, pues sólo marcaba en el anemómetro Kicks (fig. 3), la de 5 metros por segundo, y entonces molían á razón de dos fanegas de trigo por hora; pero los molineros decían que con mayor fuerza de viento, muelen hasta 4 fanegas. Las aspas daban 10 vueltas por minuto, correspondiendo 50 revoluciones á la muela, lo cual es muy poco para obtener buena molienda; así es que las piedras van muy bajas y la harina sale teñida por el aceite del germen y el pan que de ella se hace es muy inferior.

Para orientar el molino parte un timón de la caperuza giratoria, al lado opuesto de las aspas, y llega hasta cerca del suelo; en un círculo exterior hay varias estacas fuertes donde engancha un cabrestante, y atando una sogá al extremo del palo de gobierno, hacen girar toda la balumba del molino al punto que desean.

Según testimonio de los molineros, en los meses de Enero, Febrero y Marzo, sopla de día viento suficiente para moler; en Abril, Mayo y Junio, sopla siempre por la tarde; en Julio, Agosto y Septiembre, suelen aprovechar bastantes horas por la noche, y el resto del año es muy incierto y casi nulo el trabajo.

El coste de un molino completo de este género es de 6.000 pesetas.

Aplicada la fórmula $N = k F v^3$

$N = 0,0004 \times 64 \times 125 = 3,2$ caballos de fuerza—con 5 metros de velocidad del viento—y muele 2 fanegas por hora, lo cual concuerda con otros motores.

Ahora bien, moliendo 2 fanegas por hora, y calculando la fuerza desarrollada á razón de un caballo (75 kilográmetros por segundo) por cada 15 metros de superficie de trabajo, resulta que teniendo 64 metros de velámen, serían 4,2 caballos, que no es una fuerza excesiva para las 2 fanegas (90 k), pues en los molinos de vapor se calcula que 4 caballos muelen de 100 á 120 kilógramos por hora.

Por consiguiente, á pesar de los rozamientos enormes de estos molinos y de la descuidada forma de las aspas, no desperdician tanta fuerza como parece.

Lo que resulta con ellos es que por efecto de la poca velocidad que



llevan las piedras, tienen que darles mucho diámetro y moler muy bajo, con lo cual se estropea la harina, causa principal de su descrédito (para la exportación), y de la decadencia en que se encuentran, aparte de que cuando hay varios en una localidad poco poblada, la competencia arruina el negocio por falta de consumidores.

MOLINOS AMERICANOS.

Difieren de los antiguos conocidos en España y en el resto de Europa, en la forma de la rueda que recibe el impulso del viento. En lugar de las cuatro enormes velas la rueda americana está construída con gran número de aspas estrechas. Esto dá desde luego un aspecto muy distinto á los molinos americanos, puesto que parece una superficie cerrada, disposición que aprovecha mejor el espacio, de suerte que para una capacidad dada de molino es menor el tamaño y peso.

Además de la forma circular del conjunto de aspas, están caracterizados por el sistema de regulador que se emplea para variar la cantidad de superficie expuesta á la acción del aire, de modo que se pueda obtener una fuerza uniforme ó un número constante de revoluciones con velocidades variables del viento. Podemos distinguir tres tipos principales, que son: el de rueda dividida en sectores con regulador centrífugo automático y timón independiente; rueda cuyas aspas permanecen fijas, con regulador lateral, consistente en una pala colocada al costado y en combinación con el timón, y por último, los molinos de aspas fijas ó no, que carecen de timón, los cuales se orientan en sentido inverso que los anteriores.

En la descripción de los mejores sistemas, podrán apreciarse las diferencias de detalle que los distinguen; pero desde luego afirmamos que la principal condición para que el molino dé resultado es que esté construído con buenos materiales y tenga resistencia suficiente para afrontar vientos fuertes.

No cabe duda, sin embargo, de que muchos fabricantes, con objeto de eludir los caracteres que constituyen privilegio en los sistemas conocidos, apelan á innovaciones que suelen resultar defectos en vez de ventajas; mas para que nosotros pudiéramos emitir un juicio concienzudo y desapasionado de todos ellos sería preciso haberlos



estudiado comparativamente, lo cual no nos ha sido posible; así es que fijaremos preferentemente nuestra atención en los sistemas que han obtenido mayor favor en España, Francia y Alemania, porque ellos son los que hemos podido examinar detenidamente, sin que esto quiera decir que les demos una preferencia absoluta.

SISTEMA HALLADAY

Los Sres. Parsons y Graepel, de Madrid, agentes en España de la fábrica constructora de Batavia (Estados-Unidos), han conseguido instalar buen número de ellos de todos tamaños, á cuya circunstancia se debe que de los americanos sea aquí el sistema más conocido.

Desde el año 1854 en que se construyó el primer motor Halladay, ha tenido muchas reformas, de las cuales no hay para qué ocuparse, y pasaremos á describirlo tal como se construye actualmente, comenzando por el más sencillo, que comprende los diámetros de 2'44 metros hasta 4'27.

El aspecto general del motor en disposición de funcionar se representa en la fig. 8.

Consiste esencialmente en un eje horizontal hueco, que descansa en cojinetes fijos á un collar que gira libremente sobre la placa apoyada y sujeta á los mástiles ó soportes verticales. En el extremo de dicho eje tubular vá una pieza de fundición maleable con seis brazos, cada uno de los cuales sujeta un rayo de madera. Estos rayos van unidos á cierta distancia por varillas, formando en conjunto un exágono; los extremos de los rayos están provistos de grapas con dobles cojinetes ó centros que reciben los regatones del travesaño con su abanico de varias aspas ó tablitas inclinadas que constituyen la superficie de impacto. Al extremo opuesto del eje, y sujeto al collar móvil, vá una veleta ó timón que sirve para orientar el motor, presentándolo siempre de frente al viento. Claro es que si las aspas no pudieran variar de posición, la velocidad estaría en relación de la fuerza del aire, y si éste fuera muy fuerte, las destruiría por completo.

Para regular, pues, la marcha y evitar el deterioro de las aspas, lleva un mecanismo regulador compuesto de unas varillas unidas á los listones de los abanicos, y unos pesos en los extremos de cada varilla; de suerte que al girar la rueda, los pesos, por la fuerza centrí-



fuga, tienden á alejarse del centro, haciendo girar en sus pivotes á los listones que llevan los abanicos, con lo cual éstos se abren y ofrecen el aspecto representado en la fig. 9, hasta el punto de que si el viento es excesivo, se colocan completamente de canto y no ofrecen resistencia ninguna al paso del aire. Para neutralizar dicha fuerza centrífuga lleva un contrapeso en la parte posterior relacionado con las ar-

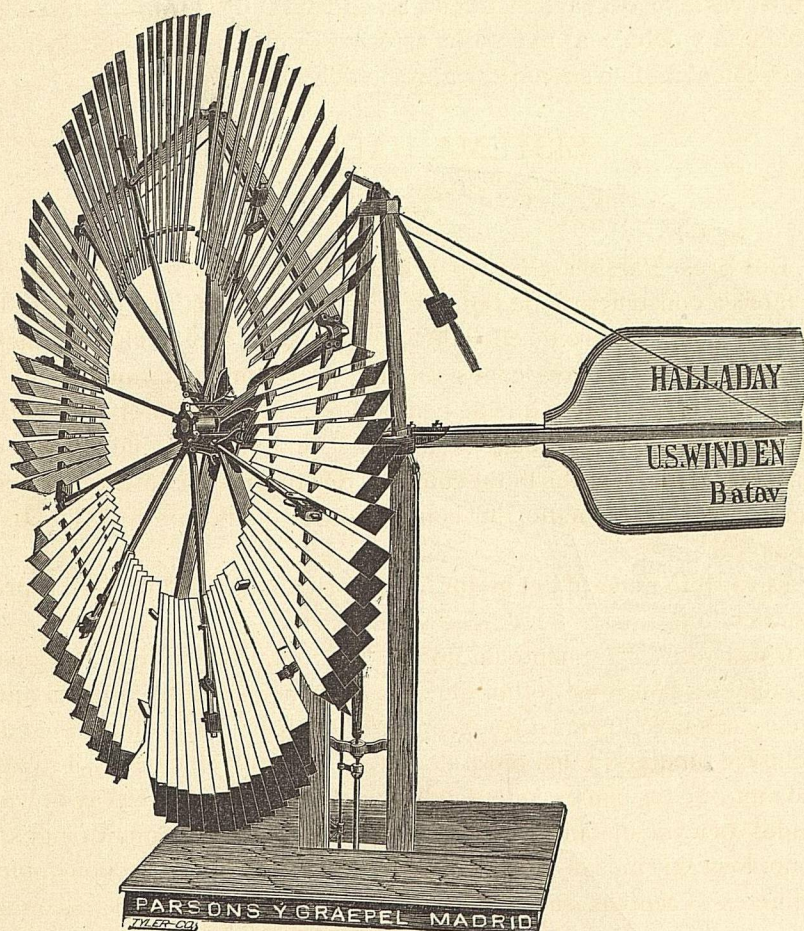


Fig. 8.

ticulaciones de los seis tirantes de los abanicos. De este modo, si el tamaño del motor está calculado para 60 vueltas por minuto como máximo, se regula el contrapeso para esta velocidad, y ya se sabe que en el momento en que la fuerza del aire llegue á ese límite, las aspas se abren y el molino deja de funcionar.

En la fig. 10 reproducimos una vista general, suprimiendo dos sectores de aspas, á fin de presentar la disposición del mecanismo regulador automático.



A es un collar fijo á los piés derechos M' M' y además afianzado con dos tirantes EE. Sobre este collar vá la placa giratoria B, descansando en un aro con rodillos para disminuir la fricción. F' F' son los abanicos ó sectores que forman la rueda, los cuales apoyan en los brazos A'. El eje horizontal S descansa en cojinetes, y en un extremo lleva la placa del excéntrico M, á la que vá unido el vástago L de la bomba. El vástago está articulado en S', encima de la abrazadera de sujeción X, y debajo al manguito esférico Z, que permite que gire la biela con el molino sin afectar al resto del vástago.

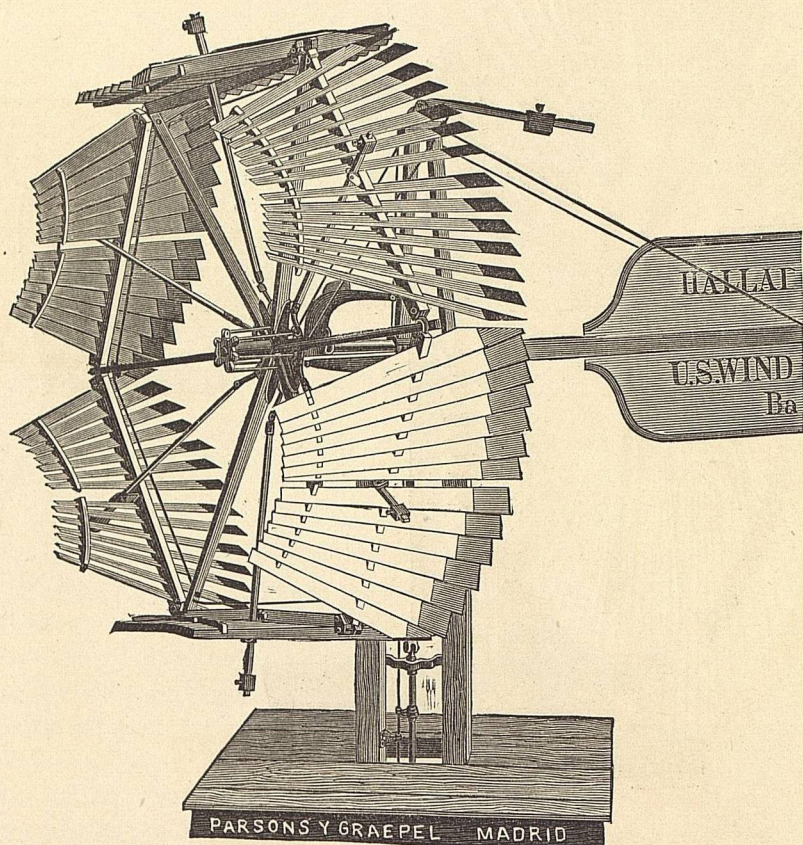


Fig. 9.

Quizás lo más ingenioso del molino es el mecanismo regulador, que consta del mandril D, que vá unido á la placa del frente C, y ésta con las articulaciones Y á las varillas B', provistas de pesos W' en sus extremidades. La palanca angular F que sujeta el manguito D, está mantenida por un alambre R" de la palanca P, apoyada en G y

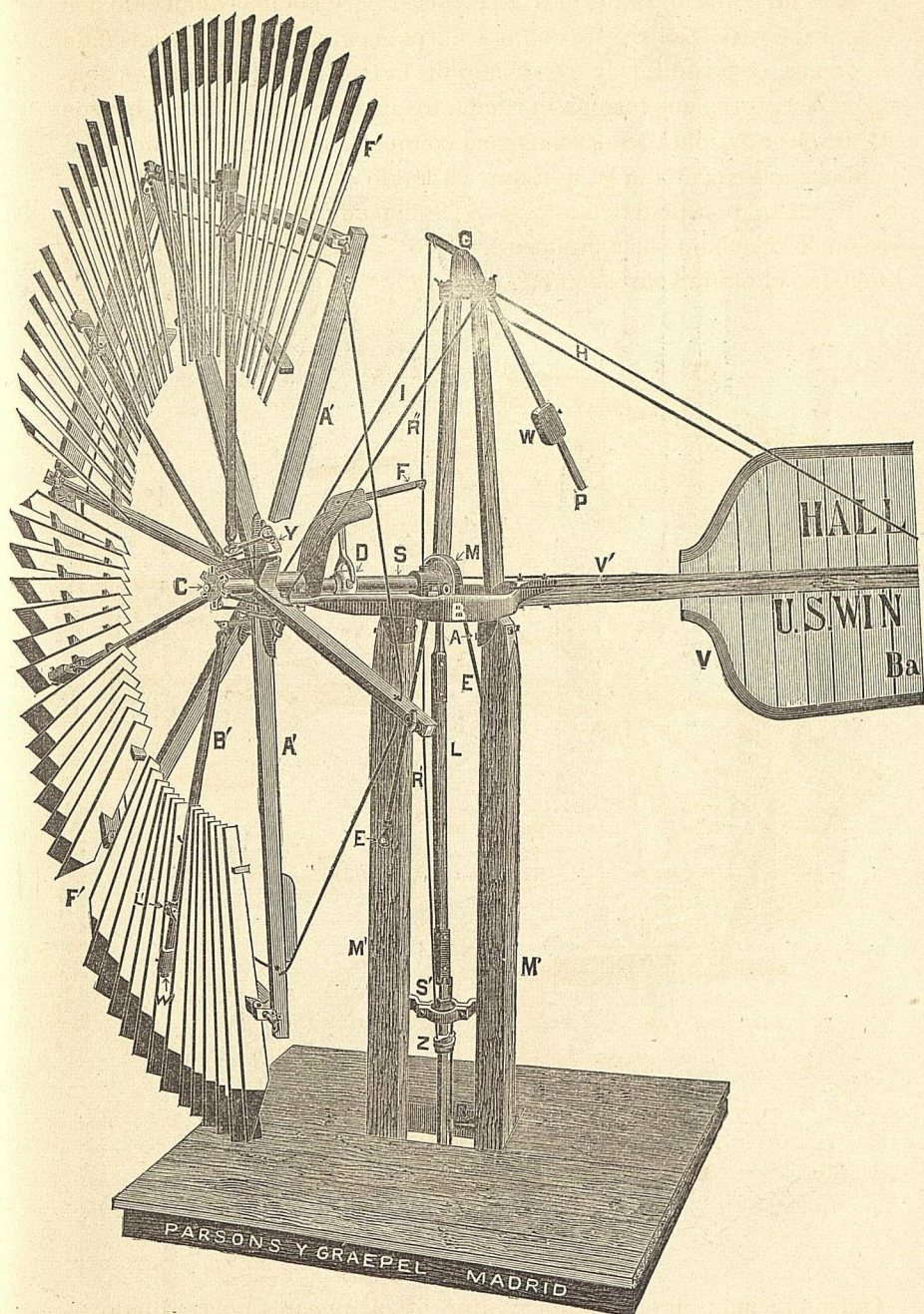


Fig. 10.

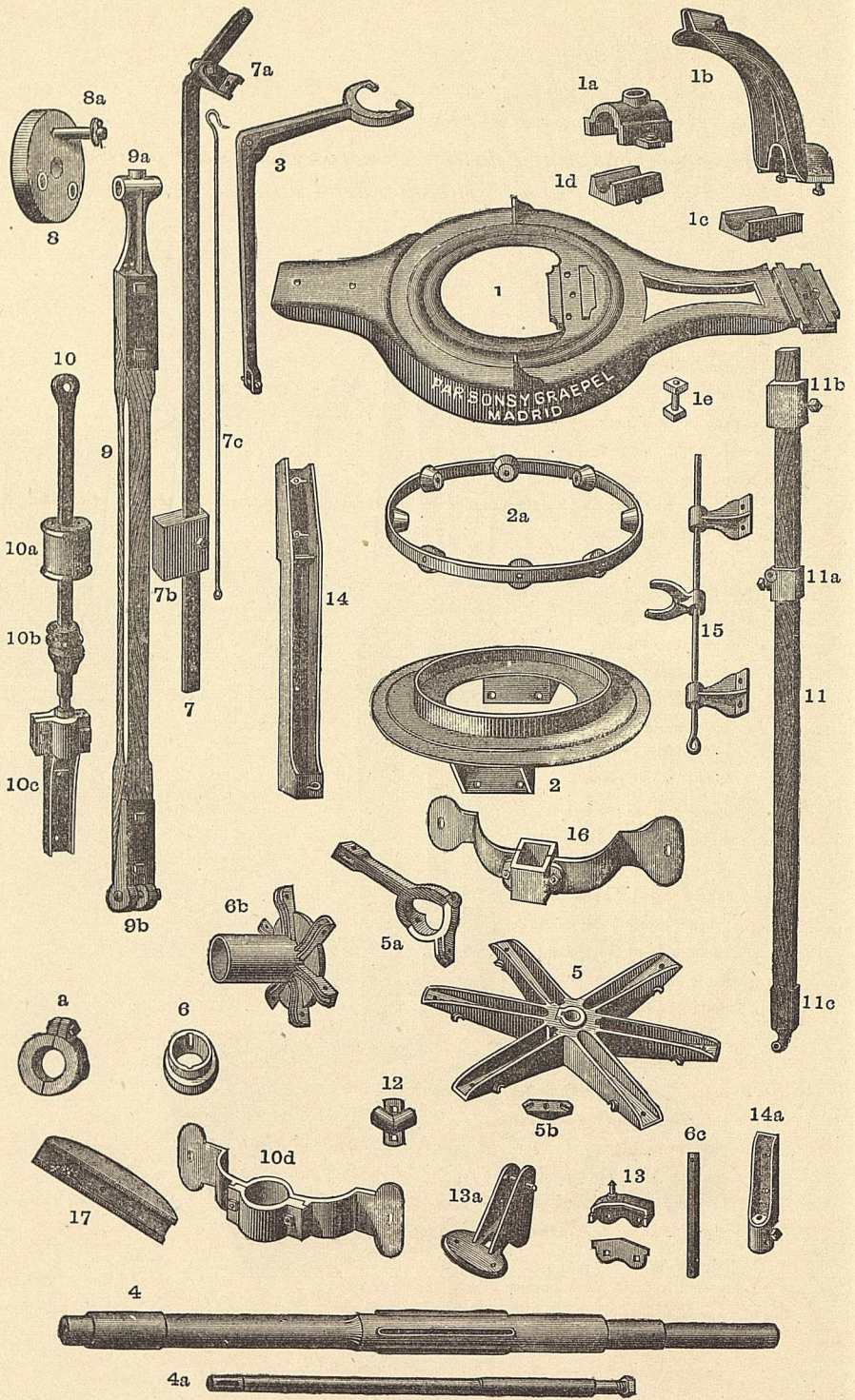


Fig. 11.

PIEZAS DE HIERRO

de que se compone el molino, con números y letras que corresponden á los grabados del frente.

- 1 placa giratoria.
- 1 a tapa de cojinete posterior.
- 1 b id. de id. delantero.
- 1 c asiento de id. id.
- 1 d id. de id. posterior.
- 1 e pasador de la abrazadera.
- 2 placa fija.
- 2 a rodillos de anti-fricción.
- 3 palanca horquillada. (En algunos modelos está separada del contrapeso 3.^a como se vé en la fig. 10
- 4 eje principal.
- 5 cubo.
- 5 a codo.
- 5 b collar de los codos.
- 6 mandril posterior.
- 6 a abrazadera del anterior.
- 6 b disco del frente y pasadores.
- 6 c conexión de la placa posterior con el codo.
- 7 polea de la cadena. }
- 7 a contrapeso y cadena. } Algunos modelos carecen de ellas.
- 8 plataforma de la cigüeña.
- 8 a muñón de id.
- 9 biela.
- 9 a cabeza superior de la cigüeña.
- 9 b grapa inferior de id.
- 10 vástago de unión á la anterior.
- 10 a manchón.
- 10 b collarín móvil.
- 10 c manguito giratorio.
- 10 d abrazadera fija á los mástiles.
- 11 listón de regulador (es preferible de hierro)
- 11 a abrazadera de unión al abanico.
- 11 b pesos centrifugos.
- 12 centros, fijos en los rayos.
- 13 pivote de travesaño de abanico.
- 13 a grapa de unión del travesaño al listón regulador.
- 14 barra de conexión.
- 14 a casquillo de id. de la bomba.
- 15 herquilla móvil con grapas al mástil.



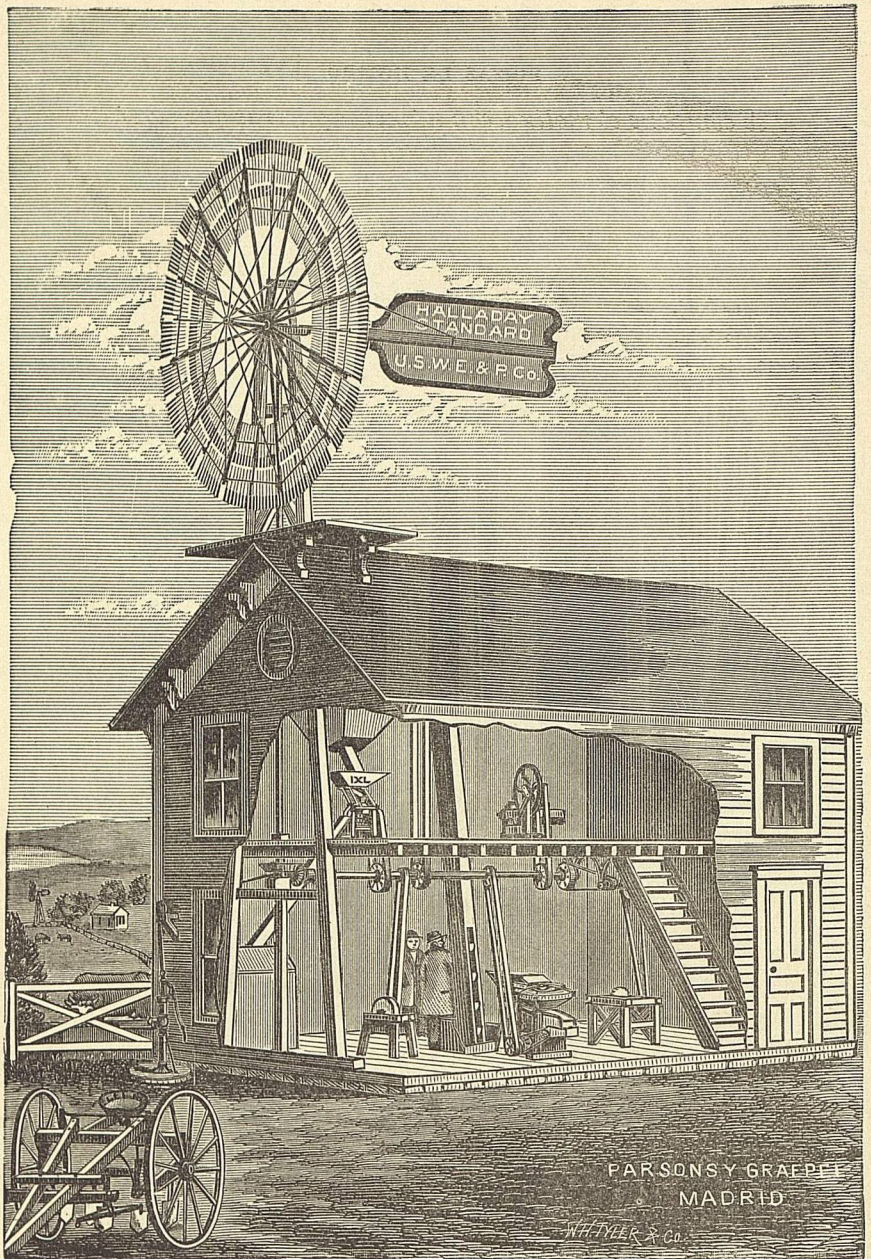


Fig. 12.

provista del contrapeso W. Dicho alambre R" continúa por la parte inferior en R', á fin de poder levantar el contrapeso y las aspas desde el terreno, cuando se quiere que no funcione el motor.

La veleta-timón V vá sujeta al collar giratorio B por un ástil V', y se mantiene en posición mediante los tirantillos I H.

El número de tablas en cada sector varía según el tamaño del molino; el ángulo que presentan al viento es de 30 á 45 grados, y depende también del tamaño y de la aplicación que se dé al motor, pues en los que tienen engranajes, las aspas se colocan más planas que en los de bomba, porque llevan mayor velocidad.

La fig. 11 dá el detalle de las piezas de hierro del molino.

Las piezas mencionadas varían en los distintos modelos y tamaños; observándose en los más recientes tendencia á sustituir la madera por hierro y acero, y también la forma de los mástiles, que se han reforzado más, especialmente en los tamaños superiores á 4 metros de diámetro.

Se comprende bien que la disposición de los sectores ó abanicos oscilantes, conforme vá descrita, no puede pasar de cierto límite, por que el espacio que ocupan abiertos exige un alejamiento del soporte que produciría cabeceo y rozamientos considerables; así es que de 4 á 9 metros de diámetro se construyen de sectores dobles, ó sea dos series concéntricas, regulados por varillas y contrapesos comunes, de suerte que no altera nada el resto de la construcción, aunque sí es preciso atirantar los rayos con vientos que van á unirse á la prolongación del eje. Este sistema se indica en la fig. 12, que representa un motor de 9 metros aplicado á la molienda de grano. Es de advertir que en este caso el árbol lleva, en lugar de cigüeña, un engranaje de ángulo que transmite la fuerza á las máquinas. También conviene hacer notar que los soportes indicados en esta figura resultan endebles, puesto que el ciclón que pasó por Madrid el 12 de Mayo de 1886 arrancó de cuajo los mástiles de un molino de 7 metros, instalado en la Concepción, teniendo el propietario que poner una armadura de cuatro piés derechos en vez de los dos que antes tenía.

Pero aun los sectores oscilantes dobles no satisfacen más que hasta 9 metros, y pasado este diámetro el sistema Halladay tiene que ceder el puesto al Wheeler, de que hablaremos en otro lugar, por más de que los construye la misma compañía de Batavia.

El cuadro que sigue está tomado del catálogo de la firma denominada *U. S. Wind Engine and Pump C.º*; advirtiéndose que la fuerza motriz se calcula con una velocidad del viento de 7 metros por segundo, lo cual no sirve para la mayor parte de los puntos de España, donde apenas puede contarse con 5 metros por segundo durante 7 horas al



día (término medio del año). Los precios son en fábrica y no están incluidos gastos de ninguna clase.

DIÁMETRO DE LA RUEDA.		CARRERA del émbolo.		PESO.	FUERZA en caballos. (75 KILÓGRS.) v = 7 m.	VUELTAS	PRECIO.
PIES INGLESES.	METROS.	MILÍMETROS.		KILÓGRS.		POR MINUTO.	PESOS.
PARA BOMBA. RUEDA SENCILLA.							
8	2,44	89	114	200	$\frac{1}{2}$	65	90
9	2,74	89	114	220	$\frac{5}{8}$	60	95
10	3,05	102	227	225	$\frac{3}{4}$	60	100
12	3,66	203	305	375	1	55	130
13	3,96	127	152	203	$1\frac{1}{2}$	50	140
14	4,27	152	203	254	2	45	160
RUEDA DOBLE.							
16	4,88	203	228	305	$2\frac{1}{2}$	40	280
18	5,49	203	228	305	$3\frac{3}{4}$	40	325
20	6,10	254	305	381	$4\frac{1}{2}$	35	375
22	6,70	254	305	381	5	30	425
25	7,62	254	305	381	6	25	500
28	8,53	305	381	458	7	25	550
30	9,14	305	381	458	8	20	575
PARA TRABAJO DE MÁQUINAS (CON ENGRANAJE).							
12	3,66			445	1	55	160
13	3,96			625	$1\frac{1}{2}$	50	170
14	4,27			840	2		225
16	4,88			1.070	$2\frac{3}{4}$	40	375
22	6,71			1.500	5	30	550
25	7,62			2.315	6	25	700
30	9,14			2.595	8	20	800
SISTEMA WHEELER.							
36	10,97			3.500	12	15	1.000
40	12,19			4.785	18	12	1.200
50	15,24			13.600	28	12	2.500
60	18,29			15.500	40	10	3.000

La columna de fuerza debe compararse con la tabla de la pág. 38 para apreciar las velocidades á que corresponden las cifras estampadas.

Apuntaremos algunos datos referentes al motor de 4,27 m. La rueda consta de 8 sectores oscilantes con 12 tablas cada uno de 1165 mm de largo, 8 mm de grueso, 120 mm de ancho en la extremidad exterior, y 60 mm en la interior. Estas tablas se presentan al viento con una inclinación de 64° en el borde externo y de 46° en el interno.

Las dos aspas laterales de cada abanico están cortadas para que no choquen al abrirse la rueda. El eje mide 45 mm de diámetro. Los pesos reguladores suman 22,5 kilogramos. El timón tiene 3000 mm de longitud, 1460 mm de ancho en un extremo y 1370 en el otro, formado con tablas de 14 mm de grueso. El platillo del eje donde va articulada la biela es de 310 mm de diámetro con tres taladros á 125, 100 y 75 mm del centro para ajustarse á la carrera que tenga la bomba.

En los molinos de engranaje, el piñón, montado en un man-guito que enchufa en el eje vertical, se desengrana por la palanca



del regulador, ó bien á mano desde la parte inferior de la torre.

Cuando el aparato alimenta un depósito de agua se coloca en éste un flotador en comunicación con el mecanismo de parada, ó sea con la barra de contrapeso; así que al llegar el agua á determinada altura, el flotador levanta el brazo de palanca tirando de la cadena y barra dicha.

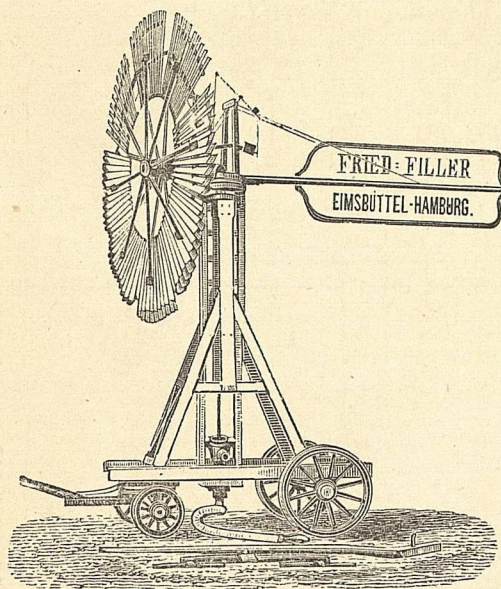


Fig. 13.

molino, á lo que contribuye también el sistema de rotación de la plataforma y el timón mismo. Sin embargo, repetimos que es el motor más usado en los Estados-Unidos y uno de los que más aceptación ha encontrado en Europa.

Citaremos, por último, el modelo de este sistema (fig. 13) fabricado en Hamburgo, montado en un carro que puede conducirse al sitio que se desea, pudiendo servir para riego, desecación de pantanos, etc.; el motor está suspendido como un péndulo, de modo que conserva su posición horizontal, cualquiera que sea la inclinación del carro.

Precio del único tamaño, según catálogo:

Motor de 3,65.....	500 pesetas.
Armazón de 4 metros desde el terreno hasta el centro de la rueda.....	75 »
Movimiento del péndulo y de la bomba.....	143 »
Bomba.....	93 »
Carro.....	312
	<hr/> 1.123

En resumen, respecto del motor Halladay, podemos decir que funciona admirablemente, pero que tiene demasiadas piezas y sobre todo demasiados ejes, centros y palancas; sólo en el mecanismo regulador hay desde los abanicos al contrapeso general (en un motor de 12piés) 42 articulaciones, de las cuales cualquiera que se entorpezca puede decirse que inutiliza el molino; nótese quizás debido á esto un vaivén constante, inseguro en el movimiento del

Mangas espirales de goma de 50 mm de diámetro interior, el metro.....	25 pesetas.
Mangas de cañamo de 50 mm interior, el metro.	2,50
Aspirador con válvula.....	10
Junta de latón.....	20

Peso aproximado, 1.500 kilógs.

El motor Halladay se construye en Alemania por los fabricantes Filler de Hamburgo; Reinsch de Dresde, Kühne del mismo punto; Momma de Wetzlar, Bergmann de Halle y algún otro; pero como especialidad los tres primeros únicamente.

Los precios difieren poco, pudiendo tomarse los siguientes como término medio:

MOTORES HALLADAY CONSTRUIDOS EN ALEMANIA

Diámetro de la rueda de viento en metros.	Peso en kilos.	Metros cúbicos. Embalaje para embarque	Fuerza de caballos desarrollada con la velocidad de viento de 7 ms. por segundo.	PRECIOS EN PESETAS EXCL. EMBALAJE.		
				Motor completo sin armazón.	Torre de hierro por metro de altura.	Arbol vertical con sus guías, el metro.
3,05	400	1,50	$\frac{3}{4}$	400	50	5 —
3,65	600	2,00	1	500	56	5 —
4,00	800	2,50	$1\frac{1}{2}$	690	60	7,50
4,30	950	3,00	2	815	63	7,50
RUEDA DOBLE.						
5,00	1250	4	$2\frac{1}{2}$	1190	70	9 —
5,50	1450	5	$3\frac{1}{2}$	1500	75	9 —
6,10	1650	6	$4\frac{1}{2}$	1880	81	10,50
6,70	1850	7	5	2125	87	10,50
7,60	2000	8	6	2500	106	11,50
8,50	2450	9	7	3190	125	12,50
9,15	3000	10	8	3750	144	12,50
DOBLE PARA TRANSMISIÓN.						
5,00	1400	4	$2\frac{1}{2}$	1190	70	No constan precios de la transmisión.
5,50	1650	5	3	1500	75	
6,10	1900	6	4	1875	81	
6,70	2100	$7\frac{1}{2}$	5	2500	87	
7,60	2600	10	6	3125	146	
9,15	3500	12	8	4375	144	
11,00	5500	15	12	6125	162	
12,20	8000	25	18	7815	200	
13,75	9250	30	22	10000	235	
15,25	10500	35	28	11875	275	



SISTEMA ECLIPSE

Data del año 1860, en que comenzó á fabricarlo Mr. A. Corcoran, de Nueva-York, y después en Europa M. Beaume de Boulogne-sur-Seine en Francia, y L. Kühne de Dresde en Alemania.

Diferénciase este sistema del Halladay, en que las aspas permanecen siempre en la misma posición, y en lugar de abrirse cuando arrecia el viento, la rueda se pone de canto al aire, merced á una paleta que lleva al costado, haciéndola girar hasta juntarse con la veleta, ofreciendo así el mínimum de resistencia.

La posición normal del molino con buen viento, se representa en la fig. 14. Las piezas de hierro se indican con números y las de madera con letras. L es la rueda motriz, de 3^m60 diámetro, compuesta de 6 brazos de fresno I, unidos entre sí por listones J, K con grapas (6), formando dos polígonos regulares concéntricos.

Los rayos encajan en el cubo (4), fijo en el extremo del eje, el cual termina en un disco (2), con botón de excéntrico que comunica el movimiento á la bomba por medio de una biela (10), con articulación (30), á la guía cuadrada (24), que juega en el manguito 15.

M Veleta, unida á la pieza 3 por la barra 27, con grapas (9) y tirantes (26).

1 es la pieza de soporte del mecanismo del molino que descansa sobre el tubo de hierro que atraviesa el manchón 17 atornillado al mástil. Esta pieza 1 con el brazo 22 y demás órganos, gira en todos sentidos.

N es una pala lateral reguladora fijada á la pieza 1 por la varilla 29.

19 es un sector dentado, sobre el cual vá fija la palanca, que lleva el contrapeso 13.

11 es una pieza articulada que permite al molino girar en todos sentidos sin variar la posición del vástago D de la bomba.

N pasa por la polea 20, y engancha en una varilla (25) que llega hasta el suelo. Tirando de ella, se hace girar la rueda hasta quedar paralela al timón, presentándose así de canto al viento, conforme manifiesta la fig. 15.

En aire fuerte la presión en la pala lateral N obliga á la rueda á



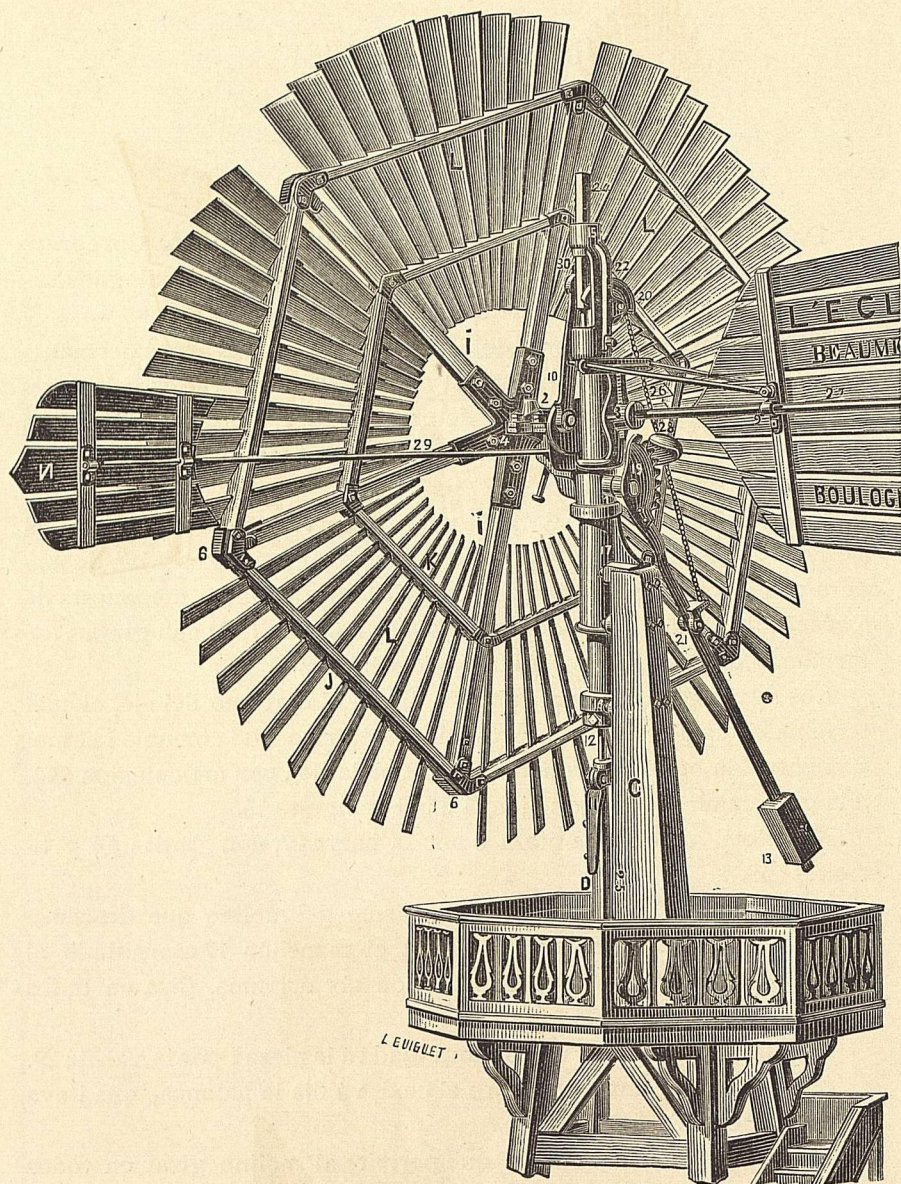


Fig. 14.

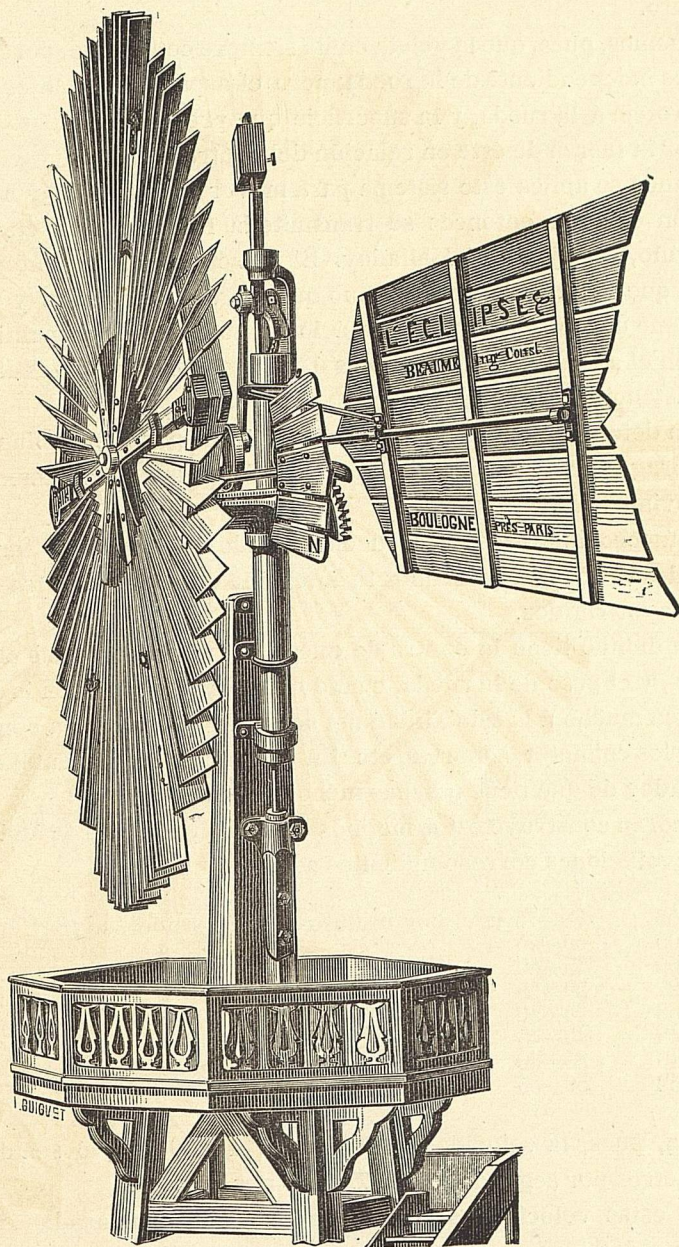


Fig. 15.

volver, levantando el contrapeso 13, el cual tiende á caer en cuanto cesa la contrapresión del aspa N y vuelve la rueda á colocarse normal al viento.

Tenemos, pues, que la veleta enfile siempre con el aire, porque permanece independiente de la rueda; pero el aspa ó paleta lateral es la que protege á la rueda, y la superficie que presenta al viento se gradúa por la fuerza de éste en relación del contrapeso.

Cuando se aplica este sistema para mover maquinaria, y no á extracción de agua, entonces se transmite la fuerza por un engranaje de ángulo, semejante al Halladay. El principio del regulador es lo mismo que para el de bomba, sino que en vez de palanca y contrapeso tiene una cadena que corre á lo largo del árbol y mantiene en posición el aparato, mediante bolas ó pesos correspondientes al grado de resistencia que se desee.

Para detener la marcha de la transmisión sin parar el molino, tiene un embrague en el eje vertical, á fin de aislar instantáneamente ambos movimientos.

El número de brazos de la rueda depende del tamaño, y varía de 8 á 12; desde 4,50 m llevan unos tirantes á la roseta del centro del eje para mayor rigidez.

Este molino tiene la contra de que el regulador produce choques bruscos, y el peso de la rueda, cuando gira en contacto con la veleta, perjudica mucho á la estabilidad del conjunto y á la buena conservación de los cojinetes, soportes, etc. En cambio ofrece la ventaja sobre el Halladay de que tiene muchas ménos articulaciones.

Corcoran construye estos molinos desde 8 $\frac{1}{2}$ á 30 piés de diámetro y las revoluciones correspondientes son:

2,55	70—75 rev. por minuto	31 piés	velocidad periférica.
3,05	60—65 »	31 »	»
3,66	55—60 »	34 »	»
4,27	50—55 »	37 »	»
4,88	45—50 »	38 »	»
5,49	40—45 »	38 »	»
6,10	35—40 »	38 »	»
7,62	30—35 »	39 »	»

Varía, pues, la velocidad periférica de 31 á 39 piés, ó sea de 9,45 á 11,9 metros por segundo, ó de 577 á 714 por minuto.

Pero estas velocidades son exageradas, aun comparadas con los datos que dan los mismos fabricantes respecto de agua extraída, á los cuales corresponden 340 metros de velocidad periférica.

Sólo por mera curiosidad copiamos á continuación un estado tomado del catálogo de Beaume relativo al rendimiento por hora, del molino Eclipse, con velocidad del aire de 10 metros por segundo.



DIÁMETRO de la rueda.	CANTIDAD DE AGUA ELEVADA POR LAS BOMBAS POR HORA.								
	A 2 metros.	A 5 metros.	A 10 metros.	A 15 metros.	A 20 metros.	A 25 metros.	A 30 metros.	A 40 metros.	A 50 metros.
Metros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.	Litros.
2,40	3 750	1 500	750						
2,55	5 000	2 000	1 000	700					
3	12 500	5 000	3 000	2 000	1 500	1 000	800		
3,30	15 000	6 000	3 500	2 500	2 000	1 500	1 200	800	
3,60	18 500	7 500	4 500	3 000	2 500	2 000	1 600	1 200	900
3,90	22 500	9 000	5 500	3 500	3 000	2 500	2 000	1 600	1 200
4,20	26 000	10 500	6 500	4 200	3 500	2 800	2 500	2 000	1 500
4,50	30 000	12 000	7 500	5 000	4 200	3 500	3 000	2 500	2 000
4,80	35 000	14 000	8 500	5 500	5 000	4 000	3 500	3 000	2 500
5,10	40 000	16 000	9 500	6 500	5 700	4 700	4 000	3 500	2 800
5,40	45 000	18 000	11 000	7 500	6 500	5 500	4 500	4 000	3 200
5,70	50 000	20 000	12 500	8 500	7 200	6 000	5 000	4 500	3 600
6	57 000	23 000	14 000	9 500	8 000	6 500	5 500	5 000	4 000

Los precios siguientes de Corcoran son algo más bajos que los de Beaume.

PARA SACAR AGUA.

DIÁMETRO DE LA RUEDA.	PESO. KILOS.	Precio en Nueva-York PESOS.
2,55	325	95
3,05	350	120
3,66	450	150
4,27	675	250
4,88	925	375
5,49	1.575	450
6,10	1.750	600
7,62	2.700	775
9,14	4.750	975

PARA MOVER MAQUINARIA.

Fuerza en caballos.		
4,88	2 1/2	850
6,10	5	1.800
7,62	6 1/2	2.700
9,14	8	4.800
10,97	10	6.000
12,19	12	7.250
15,24	30	8.250

El fabricante Ritter, de París, construye este sistema de 2,40 á 4,90 metros, y sus precios son de 500 á 1.800 francos.

El catálogo del fabricante Kühne, de Dresde, sólo dá dos tamaños del sistema Eclipse.

3,20 — peso 230 k. — precio 350 marcos.

3,60 — — 300 — — 400 —



SISTEMA ADAMS

Se construye por la compañía de Marseilles, Illinois, basado en el mismo principio del sistema Halladay, con sectores móviles, pero diferenciándose en el mecanismo regulador, conforme vamos á ver con auxilio de la figura 16. Cada peso L vá sujeto al travesaño de los sectores, y confluyen por medio de las varillas O á la caja N, donde se encuentra un muelle espiral (se representa partida en el grabado para dejar ver el resorte). Un extremo del muelle está fijo al borde de la caja, y el otro extremo á un collar en el árbol, al cual vá sujeto con un tornillo M.

Cuando la velocidad de la rueda excede de las vueltas por minuto á que se arregla el muelle, los pesos L tienden á abrirse por la fuerza centrífuga desarrollada, llevando consigo los sectores de aspas que ofrecen así ménos superficie al aire; pero al mismo tiempo las varillas O ejercen presión sobre el muelle, obligándole á enroscarse, aumentando, por consiguiente, su tensión.

Cuando la velocidad de la rueda, y por tanto la fuerza centrífuga de los pesos L disminuye, el resorte, por su mayor tensión, obliga las varillas que cierran las aspas. De donde se deduce que la cantidad de superficie de la rueda que presenta al viento depende del que tenga más fuerza, á saber: los contrapesos por su velocidad, ó el resorte por su tensión. El número de revoluciones por minuto al que se abren los sectores depende, pues, de la tensión á que se coloca el resorte, graduándose mediante el tornillo M del collar.

Para parar el molino, lleva un freno que comprime la caja del resorte; el efecto se transmite por el brazo K, cuyo extremo comunica á la vez con un contrapeso y con la cuerda que baja al pié de la torre. Claro es que retenido el resorte tira de las varillas O, y las secciones se abren completamente, como en el Halladay.

La veleta vá atornillada por su vástago á la cabeza D, y sostenida además con tirantes F G al puente E.

La meseta giratoria consta de una pieza tubular de fundición que se fija al mástil B con cuatro aletas C. Enchufada en el cilindro anterior vá la pieza D, cuyo borde inferior descansa en rodillos, y para que



no pueda levantarse, lleva un reborde que juega entre las patillas A que forman parte de la pieza de sujeción al poste.

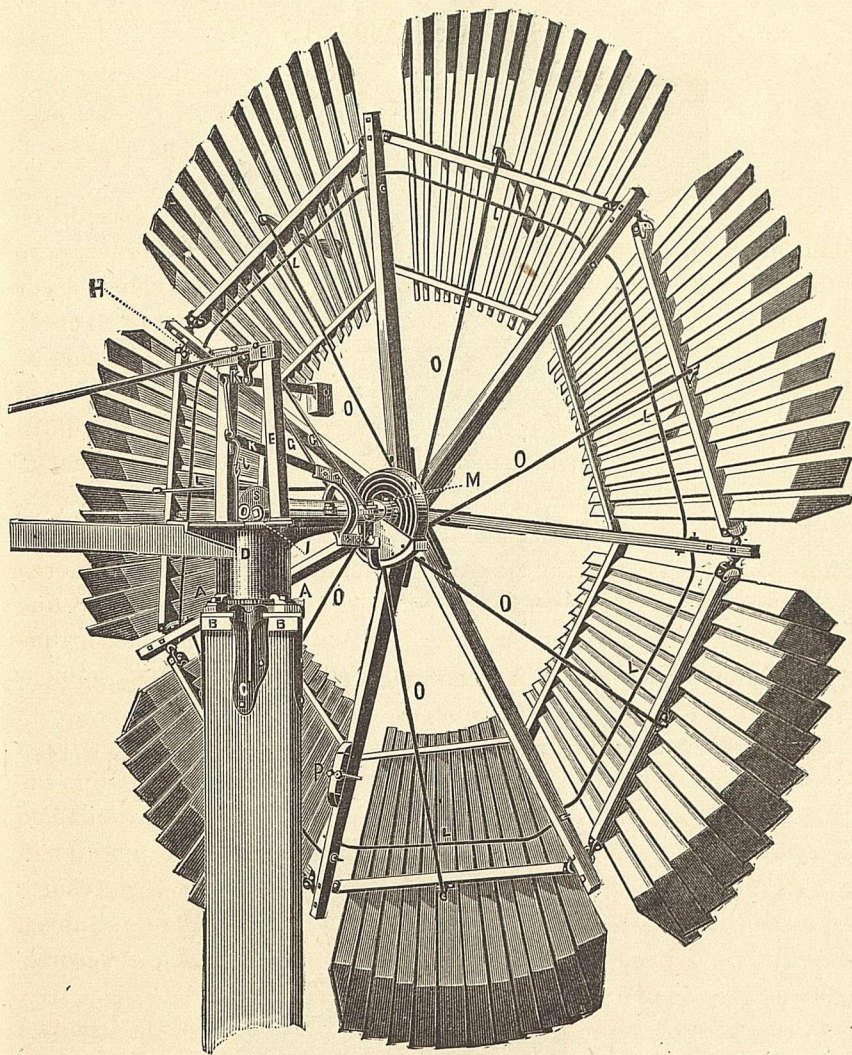


Fig. 16.

En el motor de 3 metros mide el árbol 70 centímetros de longitud y 38 milímetros de grueso sobre dos cojinetes de gran superficie; termina en el platillo S que tiene tres agujeros J para poder variar el tiro. Sustituye al platillo del excéntrico un engranaje de ángulo en los motores de más fuerza, conforme indica la fig. 17. El piñón J del árbol

vertical I lleva un manguito de embrague N actuado por el listón P, con objeto de desengranar los piñones, al mismo tiempo que un ti-

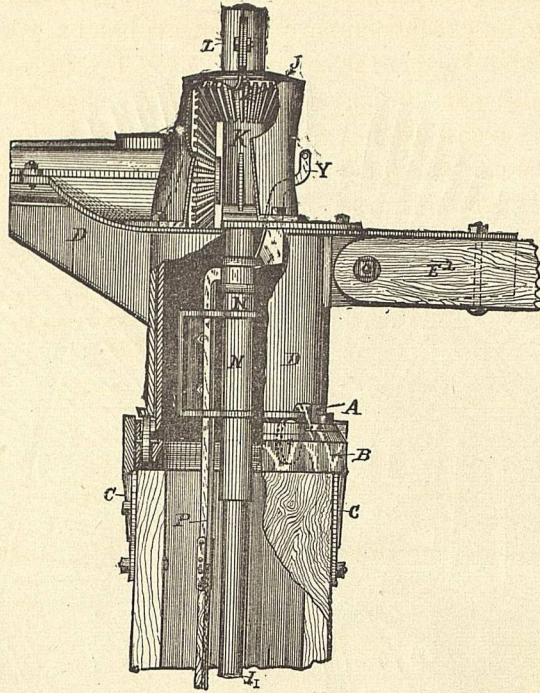


Fig. 17.

rante que hay articulado en Y, comunica con el freno abriendo las aspas.

La fig. 18 representa una disposición muy conveniente empleada

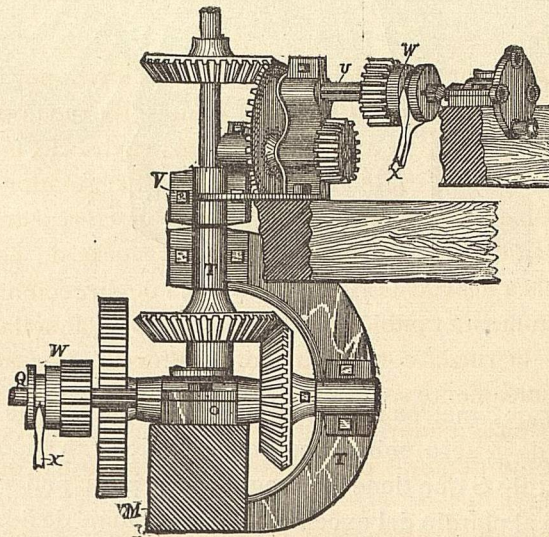


Fig. 18

en estos motores para transmitir la fuerza en dos direcciones diferentes. Por un lado el árbol horizontal U, puede prolongarse y llevar en su extremo un excéntrico para actuar una bomba, y en el extremo inferior del árbol vertical se adapta un arco T y viga de asiento M, transmitiéndose por un engrane de escuadra el movimiento al árbol Q. Ambas transmisiones Q y U están provistas de piñones á corredera W W con sus palancas X; de modo que cualquiera de los árboles puede desconectarse, ó ambos á la vez.

Sólo construyen los tamaños siguientes:

DIAMETRO.	VELOCIDAD MAXIMA	PESO.	PRECIO.	
			Para bomba.	Con engrane.
METROS.	POR MINUTO.	KILÓGRAMOS.	PESETAS.	PESETAS.
2,30	55—60 rev.	212	325	»
3,10	45—50	250	350	»
3,70	40—45	300	500	750
4,30	35—40	400	675	925

En los precios anteriores no se comprende la torre, bomba ni tubería.

SISTEMA WOODMANSE

Este molino, representado en la fig. 19, se fabrica por la compañía de ese nombre en Freeport, Estado de Illinois. La rueda es de madera con las aspas fijas en dos aros sujetos á los rayos. El eje horizontal de la rueda y el timón están en línea recta. El regulador consiste en un muelle helizoidal de acero, el cual ofrece poca resistencia cuando está en posición al viento; pero cuando la fuerza de éste aumenta lo bastante para desviar la rueda de la línea de dirección, entonces la del muelle aumenta también para contrarrestar aquella tendencia, manteniendo la rueda con movimiento uniforme. Por supuesto que esta acción únicamente se produce con alta velocidad, lo cual excluye este sistema de regulador para grandes dimensiones. Así es que sólo se construye de tamaños pequeños para sacar agua, que funcionan bastante bien.

El principio de construcción es muy ingenioso: en efecto, toda rueda que gira tiene tendencia á moverse en la dirección del movi-



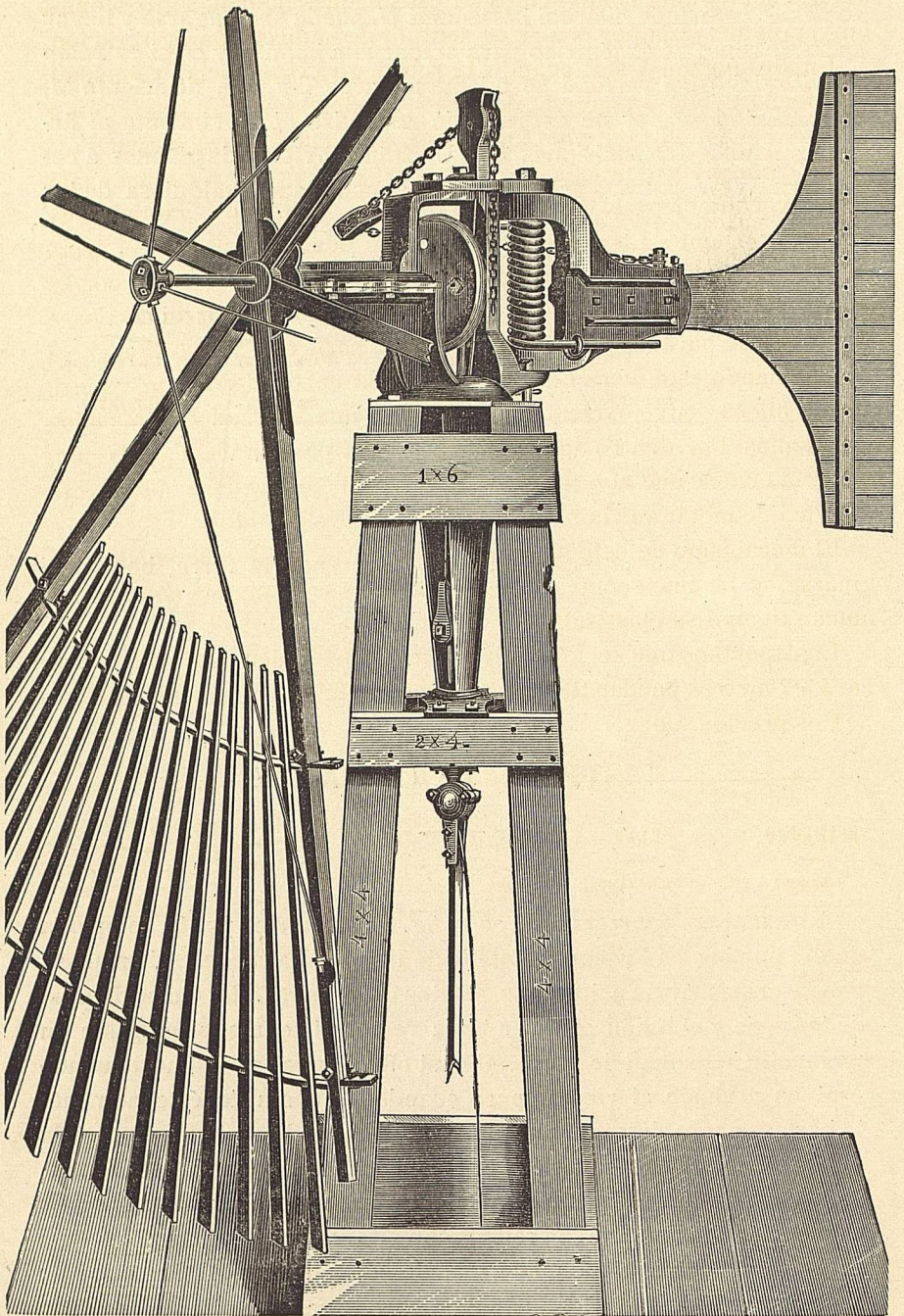


Fig. 19.

miento centrífugo, como vemos en esos peones llamados giróscopos, cuyo volante viaja por el aire en sentido de la dirección de rotación.

En aire fuerte, ó sea cuando la rueda gira con mucha velocidad, ella por sí tiende á ponerse de canto, quedando paralela al timón, y entonces el muelle presenta una resistencia cinco veces mayor.

El árbol vertical descansa en pequeñas esferas libres en una canal circular, con objeto de disminuir la fricción, haciendo el molino muy sensible al viento. La plataforma giratoria lleva el cojinete del árbol de la rueda, un juego de bisagra al lado opuesto para el timón con su muelle en el pasador, en la parte alta dos garruchas por donde pasa la cadena de parada, y además un freno para que no se mueva la rueda cuando está fuera del viento; y en la parte inferior una pieza cónica hueca, cuyo extremo vá sujeto en una abrazadera fija en los travesaños. Por dentro de esta pieza cónica pasa la biela del excéntrico, la cual se une al vástago de la bomba mediante un acoplamiento esférico de metal que la permite girar en todos sentidos.

El mecanismo de este molino es de lo más sencillo que puede imaginarse, y la única contra que se ocurre es si el muelle conservará mucho tiempo su elasticidad.

Los tamaños que se fabrican varían de 3 á 7 metros de diámetro. De 4 á 7 metros pueden llevar engranaje de ángulo como el Halladay.

Los precios son:

DIAMETRO. — METROS.	PESO. — KILÓGRAMOS.	FUERZA EN CABALLOS. — 6 M. POR MINUTO.	PRECIO EN FREEPORT.	
			PARA BOMBA. — Pesetas.	CON ENGRANAJE. — Pesetas.
3,05	225	1	500	"
4	325	2	700	1.250
4,88	900	3	1.500	1.875
5,40	1.050	4	1.750	2.250
6,10	1.400	5	2.000	2.500
6,70	1.500	6	2.500	2.750



SISTEMA STAR

En los sistemas de aspas fijas, con timón móvil, cuando éste se coloca paralelo á la rueda, todo el peso carga á un lado, produciendo un desequilibrio perjudicial. Los fabricantes Flint y Walling de Kendallville, Indiana, han tratado de corregir ese defecto disponiendo un gran contrapeso en relación con el vástago del timón; de modo que al girar la rueda hácia él, la palanca que lleva el contrapeso se vá

elevando hasta ponerse horizontal; equilibrando, por consiguiente, el peso de la rueda y timón, con lo cual quedan los asientos descargados y el conjunto del aparato más sensible á las oscilaciones del viento.

Conforme se vé por la figura 20, la rueda es de aspas fijas ó sólida, como han dado en llamarlas; el eje lleva un excéntrico con su biela que actúa la barra fija vertical unida al vástago de la bomba con acoplamiento esférico. El timón no se halla en el mismo plano del eje de la rueda, con objeto de favorecer la acción de la fuerza centrífuga, que es la que impulsa la rueda lateralmente, graduándose el contrapeso según la velocidad máxima prudencial que se calcule á la rueda.

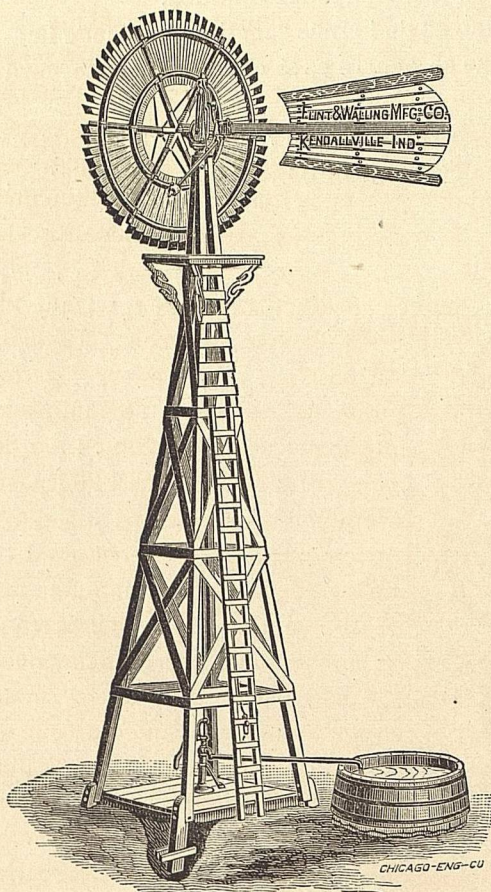


Fig. 20.



Por lo demás, la construcción no ofrece nada de particular; la palanca lleva, como en todos los de esta clase, una cadena para levantarla y hacer girar la rueda cuando quiere pararse el molino.

Se construyen seis tamaños desde 3 metros hasta 7 de diámetro, dando de 40 á 20 revoluciones por minuto, y sus precios varían de 210 á 1.410 pesetas en fábrica.

SISTEMA IXL

De los fabricantes Phelps y Bigelow, en Kalamazoo, Michigan.

En principio no se diferencia nada del anterior, pues las ligeras variantes que ofrece se reducen á que la biela del excéntrico es curva, á fin de salvar la unión de la parte superior del soporte con la guía del vástago, permitiendo así que éste pase por dentro del juego de ambas piezas de la rueda y timón, las cuales tienen, por consiguiente, un eje común, simplificándose la construcción y reduciendo algo la meseta giratoria.

Respecto de la rueda conviene hacer una observación, porque en

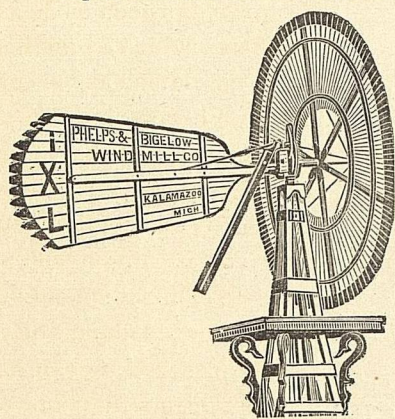


Fig. 21.

la fig. 21 sólo aparecen dos aros concéntricos para sostener las tablillas, debiendo ser tres; uno sencillo en el centro y dobles los de los extremos. De esta manera se mantienen las aspas con la torsión conveniente desde el centro á la periferia de la rueda, condición que en otros motores se descuida, y es, sin embargo, de importancia; pues llevando cada punto de la rueda mayor velocidad á medida que se aleja del centro exigiendo más pla-

na el aspa, es preciso mantenerla en toda su longitud con una inclinación gradual, á fin de que la velocidad de cada punto se halle en relación con el impulso del viento, sin que la corriente de aire sea rechazada de un aspa á la inmediata.

SISTEMA ALTHOUSE

Las figuras 22 y 23 representan este motor, construído por la compañía Althouse, Wheeler y C.^a de Waupun en el Estado de Wisconsin.

Carece de timón ni otro mecanismo para orientarlo, pues la misma rueda sirve de veleta. Los fabricantes consideran el timón como cosa supérflua.

La rueda de sectores oscilantes es semejante al sistema Halladay; pero en lugar de los pesos de cada sector, el desequilibrio de las mitades á cada lado de la barra oscilante, hace que cada sector se abra por sí cuando excede de la velocidad y presión correspondiente en un contrapeso general. La parte externa de cada sector ofrece más superficie á la presión del viento que la interna; por consiguiente, como el aire la empuja por detrás, claro es que cuando vence la resistencia del contrapeso, dobla los sectores en proporción de la fuerza de palanca de aquél.

En lugar de los ejes especiales del Halladay para cada sector, sirven en el Althouse los tirantes de unión de los rayos.

La fig. 22 indica la disposición general y piezas sueltas del mecanismo, cuya enumeración bastará para comprender la estructura de un motor de 3,66 metros de diámetro para accionar una bomba.

1 representa la placa de asiento; 2, soporte entre mástiles; 3, meseta giratoria; 4, cubo suplementario; 5, abrazadera de unión del anterior; 6, árbol vertical; 7, collar; 8, cubo de los rayos; 9, platillo del es-céntrico; 10, pasador del mismo para la biela; 11, mandril de la corredera; 12, pasadores de idem; 14, collar del frente; 18 anillo de tope; 20, caja del engrasador; 21, horquilla del juego de tirantes; 24, palanca del contrapeso; 27, contrapeso; 28, soportes de los tirantes (30) y de la palanca de contrapeso; 33, biela; 34, abrazadera de idem; 36, vástago; 37, collar de idem; 38, patillas de unión á la barra cuadrada de madera (56); 39, 40, varillas articuladas del mecanismo regulador; 41, brazos curvos que mueven las anteriores; 42, rayos de la rueda; 43, grapas para sujetar los tirantes; 44, barrote central de sector; 45, barrote interior; 46, aspas; 47, refuerzos extremos del barrote central; 48, gozne para la varilla del regulador; 49, tirantes de unión de los rayos.



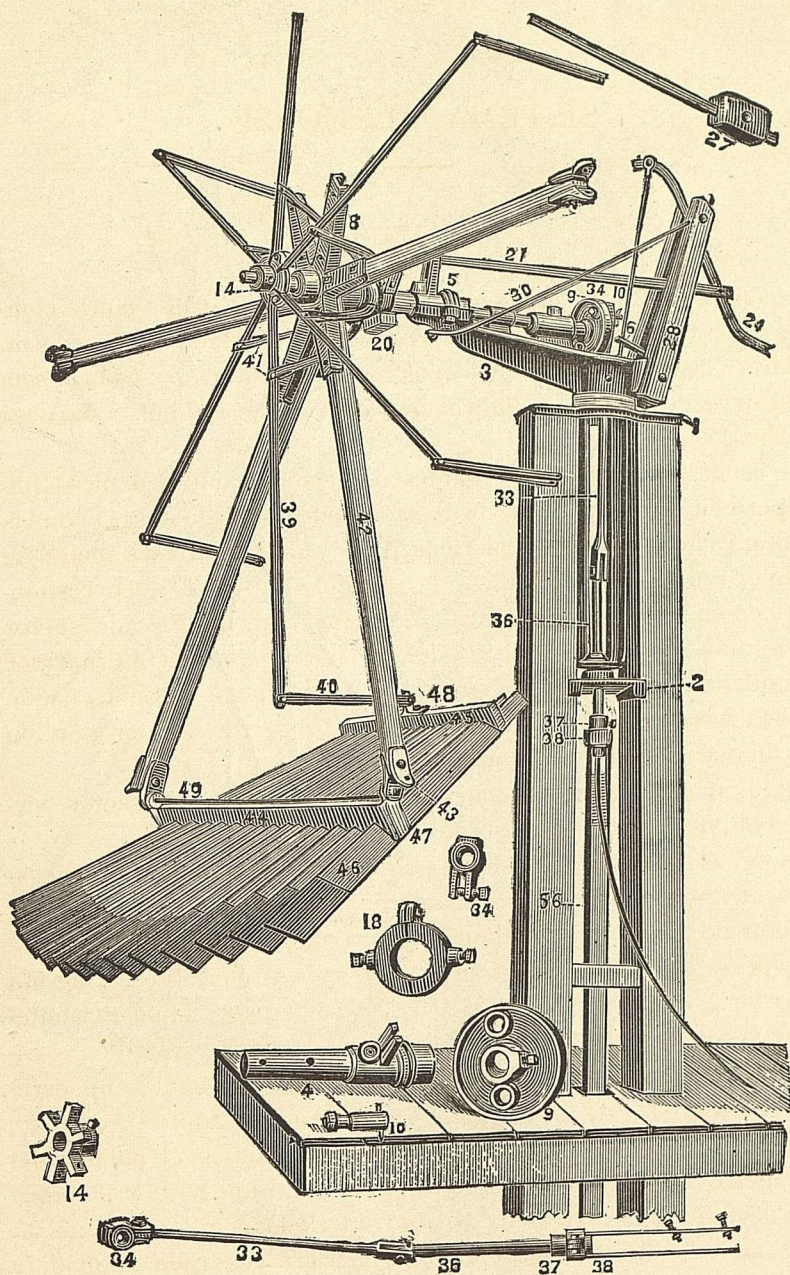


Fig. 22.

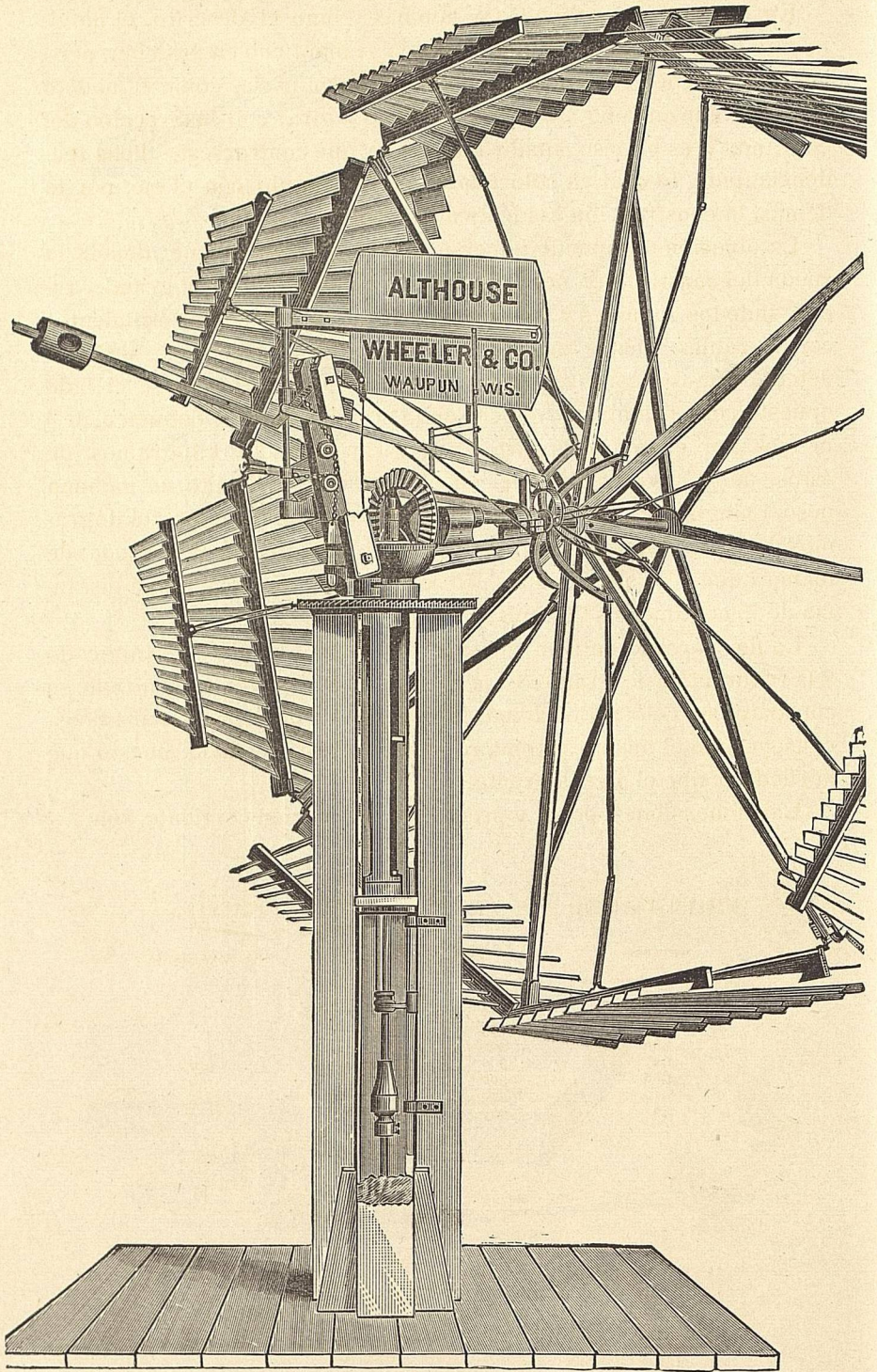


Fig. 23.

En los motores aplicados á bombas, como el descrito, el movimiento del árbol es vertical y la rueda se mantiene en posición; pero en los que tienen engranaje para mover maquinaria, como el modelo representado en la fig. 23, la rueda tiende á girar con la dirección del engrane, y es preciso añadir una veleta que contrarreste dicha tendencia, para lo cual va colocada en cierto ángulo con el eje; por lo demás, la construcción es idéntica al anterior.

La objeción que puede hacerse á este sistema es que alejada la rueda del mástil, hay necesariamente un desequilibrio grande, recargando los cojinetes y meseta giratoria, y produciendo rozamientos considerables. Desde luego que, en tamaños grandes, este sería un defecto imposible de remediar, á menos que se recargase el lado opuesto con un contrapeso; pero en las ruedas de poco diámetro, de 4 metros, por ejemplo, las partes que giran pesan 240 kilogramos; de éstos, unos 70 están situados en el centro, y por tanto no inclinan peso á ningún lado; de los restantes 170 kilogramos, unos 20 kilogramos del contrapeso, barra, etc., están al lado opuesto á la rueda; de manera que sólo quedan unos 150 kilogramos que gravitan á distancia de 75 centímetros del mástil.

La fig. 24 representa un motor de 4,27 metros de diámetro aplicado á la trituración de granos para pienso. Es el mayor tamaño que se construye sin veleta. Los demás llevan timón y dos series de abanicos, conservando el mismo sistema regulador, pero invertido, puesto que la rueda recibe el aire de frente.

Las dimensiones, pesos y precios de fabricación corriente, son:

DIAMETRO DE LA RUEDA — METROS.	PESO. — KILÓGRAMOS.	PRECIO EN PESETAS	
		PARA BOMBA.	PARA MAQUINARIA
2,44	140	150	"
3,05	175	200	"
3,66	200	250	"
4,27	500	370	570
4,88	900	450	750
6,10	1 500	1000	1.125
7,62	2.000	1250	1.500



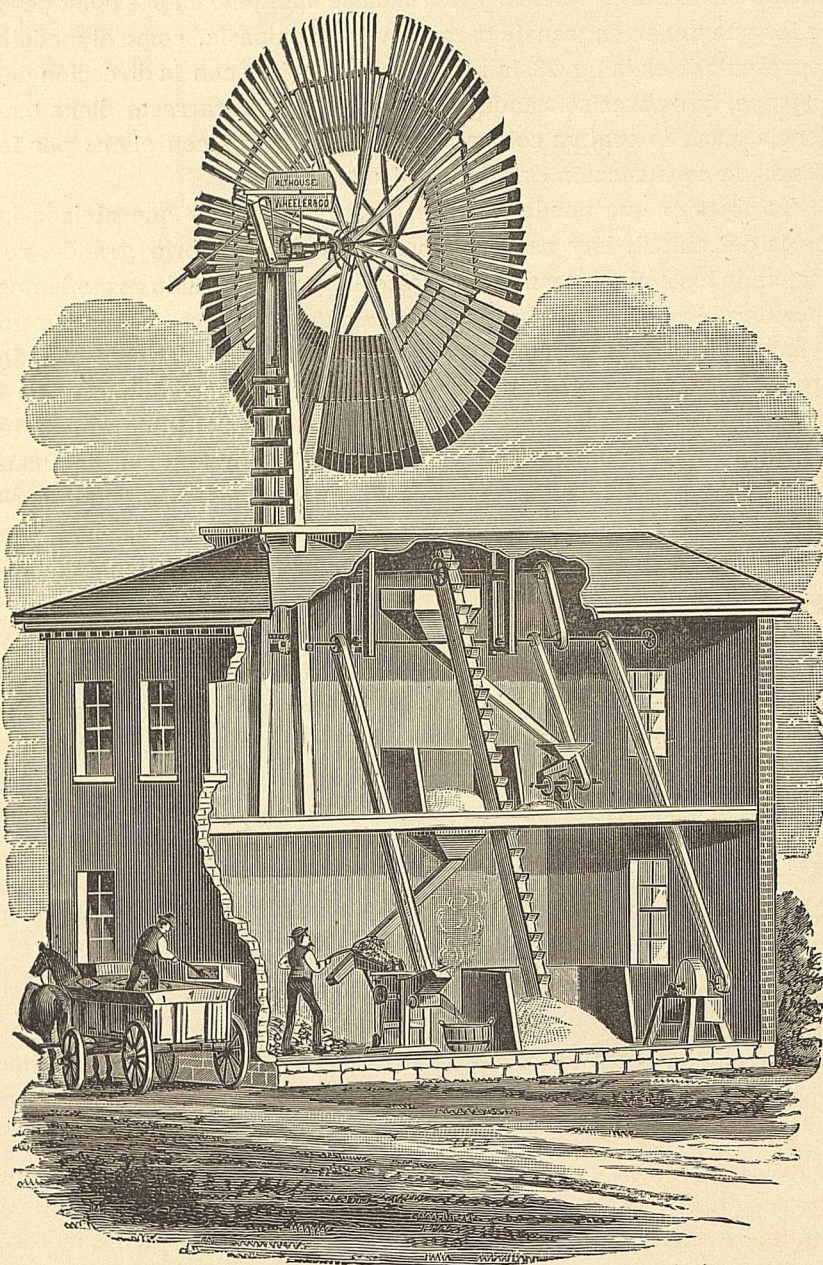


Fig. 24.

SISTEMA CHALLENGE

La compañía *Challenge Wind Mill and Feed Mill*, de Batavia (Illinois), construye dos clases de motores, sencillos y dobles. Los primeros son parecidos al Halladay, con una ó dos séries de sectores,

sólo que en lugar del timón lleva dos molinetes para la orientación, conforme representa la fig. 25.

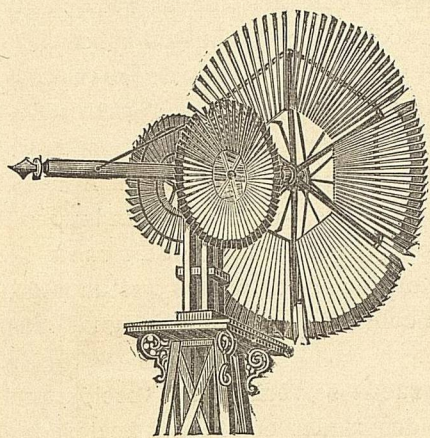


Fig. 25.

Es indudable que los molinetes mantienen la rueda más sujeta que el timón, en la dirección del viento. Cada grado que una ligera variante de la corriente hace oscilar á la rueda, significa pérdida de 2 por 100 de fuerza, y suponiendo que las aspaspresenten un ángulo de 34° al viento, y que la rueda se desvía unos cuan-

tos grados, claro es que se reduce considerablemente la superficie de trabajo.

Los dos molinetes van sujetos á un husillo en ángulo recto con el eje de la rueda. La rosca engrana en una corona dentada del soporte; cualquiera corriente lateral pone en movimiento los molinetes, ó mejor dicho uno de ellos, pues el otro paralelo, montado en el mismo eje, no manda fuerza, y mediante la rosca sin fin, arrastran consigo á la rueda hasta ponerla de cara al viento, que será cuando la acción del aire sobre uno y otro molinete sea nula. El empleo de molinetes en lugar de timón, no se hace sentir en los pequeños motores para bombas; pero cuando el movimiento se transmite por engranes, la resistencia es bastante á volver la rueda, lo cual no puede suceder con los molinetes, porque la corona mantiene perfectamente fijo todo el aparato.

Como el peso de los molinetes carga al lado opuesto de la rueda,



y además lleva en el sentido de la prolongación del eje una barra de hierro bastante larga, el conjunto está bien equilibrado para facilitar la rotación en todos sentidos.

El regulador para abrir los sectores es muy parecido al del sistema Althouse; pero en vez de tener el contrapeso en la parte alta, girando con el molino, en el Challenge los tirantes enlazan con un collar libre en el eje vertical, y desde allí baja una varilla hasta la parte inferior de la torre donde se halla el contrapeso; por cuyo modo puede regularse á voluntad sin necesidad de subir hasta la rueda.

Los tamaños son como el Halladay, y los precios también aproximados.

Hace pocos años que esta fábrica ha introducido el molino doble; es decir, que refiriéndonos á la fig. 25, en donde está la percha horizontal, vá colocada otra rueda exactamente igual de tamaño á la grande, pero con las aspas en sentido contrario; de suerte que giren ambas á la vez en opuesta dirección. Los molinetes están algo más separados. El piñón del árbol vertical recibe los de las ruedas; lo que significa que la velocidad de ambas tiene que ser igual, pareciendo extraño que la corriente que hiere á la rueda posterior, después de haberse descompuesto al paso por la primera lleve la fuerza necesaria para producir el mismo efecto en la segunda; pero como no hemos visto funcionar este molino, dejamos al fabricante la responsabilidad de su aserto al afirmar en sus catálogos que un molino de esta clase tiene tanta fuerza como tres sencillos de igual diámetro.

Añade que detrás de la primera rueda se verifica una succión que tiende á concentrar aire entre las dos ruedas con fuerza acelerada, chocando contra la segunda, que gira en opuesta dirección, lo cual, después de todo, sería perjudicial, puesto que el engrane es común para ambos piñones.

Los datos del catálogo de molinos de dos ruedas paralelas y dos molinetes son:

Díámetro de las ruedas.		Peso.		Fuerza 7 ms. por s.		Precio en fábrica.
METROS.		KILÓGRAMOS.		CABALLOS.		PESETAS.
4,27	—	1.200	—	4	—	1.750
4,88	—	2.000	—	5	—	2.250
5,49	—	2.300	—	7	—	3.000
6,10	—	2.750	—	10	—	3.500
7,62	—	3.750	—	17	—	5.000



DIVERSOS.

Sería interminable la enumeración de las variantes que cada constructor introduce; así es que habremos de limitarnos á citar sus nombres, por si el lector interesado en el asunto, desea pedirles catálogos.

Perkins Wind Mill Ax C.^o Mishawaka, Indiana, EE. UU. Rueda sólida, idéntica á la Woodmanse con timón grande plegadizo.

En el modelo para transmisión, la rueda tiene en el centro una corona dentada que engrana en un piñón, y éste á su vez transmite por otro engrane de ángulo el movimiento al árbol vertical.

Precios: de 10 piés, 33 pesos; 12 piés, 42 pesos; 14 piés, 50 pesos, á bordo en Nueva-York.

B. S. Williams and C.^o Kalamazoo, Michigan, EE. UU. Sistema *Manvel* semejante al anterior.

Globe Implement C.^o Goshen, Indiana, EE. UU. Disposición general parecida al *Althouse*; pero como es la rueda sólida, lleva una pala lateral articulada al extremo de un brazo algo más largo que el radio de la rueda y paralelo á ella; además, unida á la pala hay dos aletas que forman con aquella un ángulo de 45°, para hacer girar el timón y la rueda cuando el viento arrecia.

Bird Wind Mill Company, Kalamazoo, Michigan, Estados-Unidos. Rueda sólida, plegadiza con timón. Este tiene un contrapeso rígido para equilibrar la rueda cuando ambos quedan paralelos; además, el armazón de bisagra descansa en polines sobre un plano inclinado, de suerte que al aproximarse la rueda al timón, tiene que elevarse todo el peso hasta que la resistencia iguale á la fuerza del viento.

Freeport Machine Company, Freeport Ill. Sistema *Stover*.

Es parecido al Woodmanse, excepto que el timón, en lugar de estar en la línea central, se separa unos 15 centímetros del eje. La distancia entre los planos del timón y eje de la rueda aumenta con el tamaño del motor. Desvía más pronto, pero no queda nunca bien orientada. La rueda gira á la izquierda, mientras los demás molinos citados giran á la derecha.

Sandwich Enterprise C.^o Sandwich, Illinois. De rueda sólida y timón; se distingue especialmente porque gira toda la columna con la rueda.

Powell and Douglas. Waukegan, Illi. Semejante al *Althouse*.



Ritter, París. Sistema Corcoran ó Eclipse, no ofrece particularidad alguna.

J. Aubry et C.^{ie} París. Motor compuesto de diez aspas de hierro montadas en otros tantos rayos, con charnelas y resortes; de modo que cuando la presión del aire excede á la resistencia de los muelles, éstos ceden, presentando las aspas de canto. La orientación se verifica sin necesidad de veleta, pues el aire choca por detrás de la torre. Tiene además una pala vertical presentada de plano al aire con movimiento de báscula que, según la fuerza del viento, oprime más ó menos un freno que actúa en el árbol de las aspas, y por tanto disminuye proporcionalmente la marcha.

Los fabricantes *Warner and Sons*, de Lóndres, construyen un motor semejante, sólo que las aspas están montadas en pivotes en los aros concéntricos, y en lugar de un resorte para cada una, las aspas de un cuadrante de la rueda van articuladas á una varilla curva, sobre la cual ejerce presión un muelle de alambre grueso que desciende por uno de los rayos para fijarse en el cubo de la rueda.

Parecido al anterior es el sistema llamado *Ultra Standard*, fabricado por *Reinsch*, de Dresde (Sajonia), pero en vez de resorte, las varillas que sujetan las aspas confluyen en un mandril con contrapeso, semejante al Halladay.

Las aspas son en éste tan estrechas, que se cuentan 120, lo cual, si se tiene presente que cada una lleva dos pivotes y una charnela, y además las articulaciones de los tirantes del regulador, resulta una complicación que aumenta la probabilidad de roturas ó entorpecimientos.

Del sistema de aspas radiales móviles, es el que fabrica la firma *Simón y Soler*, de Barcelona; pero ha tenido el buen acuerdo de limitar el número de aspas, con lo cual resulta más sólido y sencillo.

Sin que salgamos garantes de estos datos, copiaremos lo que dicen estos fabricantes de sus motores aplicados á sacar agua:

«Sobre un poste de madera en los números 1 y 2, ó una torre de mampostería en el núm. 3, vá fija una armadura de hierro que forma el eje de rotación de todo el aparato. A la derecha sostiene el eje y la rueda, y á la izquierda formando equilibrio el eje y pala de dirección. Esta excentricidad hace que cuando arrecia el viento empujando la rueda motriz hácia la derecha, la obliga á ladearse más ó menos, según su impetuosidad. Al ladearse, la pala cesa de ser paralela á la dirección del viento, y entonces juega sobre su eje y se aproxima á la rueda, hasta el punto de que en ráfagas huracanadas llegan á encontrarse. Instantáneamente, sin sacudida y por su propio peso, en el momento que cede el empuje del viento, van tomando pala y rueda su posición primitiva.



Todos los movimientos son de hierro dulce y están al alcance de un herrero de lugar.

Las aspas están fijas y remachadas en la montura de la rueda. Son de forma helizoidal, presentando una inclinación de 65° en la extremidad exterior y de 40° en la interior.

Números.	Diámetro. METROS.	Fuerza. CABALLOS.	Peso. KILÓGRAMOS.	Precio. PESETAS.
1	3	1 $\frac{1}{2}$	250	450
2	4	2 $\frac{1}{2}$	500	800
3	6	4	1.200	1.500

Un molino de 6 metros con dos bombas costará en Barcelona.....	2.000 pesetas.
14 metros de tubos y varillas.....	280 »
Torre.....	500 »
Colocación é imprevistos.....	120 »
TOTAL.....	3.000

Dará 120 metros cúbicos diarios, término medio.	
Amortización é interés anual (12 por 100).....	360 pesetas.
Engrase y entretenimiento.....	70 »
TOTAL ANUAL.....	430

Producción anual, 43.200 metros cúbicos (7 m. prof.)

Coste de esta producción 430 pesetas, ó sean 43.000 céntimos, resultando 1 céntimo de peseta el metro cúbico.

El agua elevada por una noria resulta en los casos más favorables á 5 céntimos el metro cúbico.»

SISTEMA LEFFEL

Esta especie de turbina de aire construída por la *Compañía de máquinas de Springfield, Ohio, Estados-Unidos*, se representa en la vista lateral fig. 26. Las aspas son de chapa de hierro, núm. 24, (0,56 m/m) dispuestas en hélice y sujetas entre dos aros de hierro forjado, reforzadas además las orillas con platinas curvas de uno á otro



extremo. Está montada la rueda en un marco giratorio de hierro maleable que descansa sobre polines. El timón articulado al lado opuesto de la meseta giratoria se desvía del eje de rotación de la rueda;

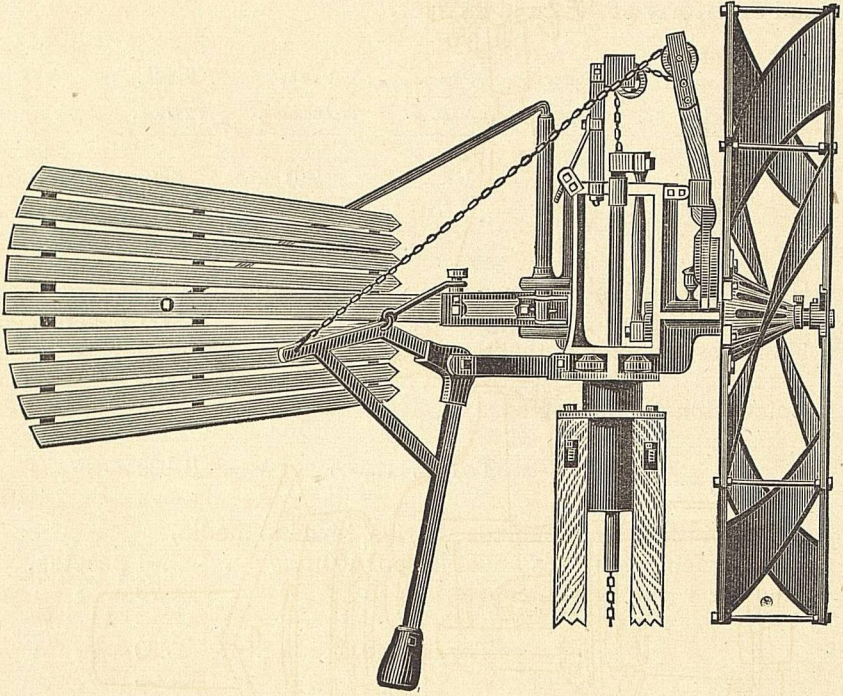


Fig. 26.

de suerte que cuando la presión del viento supera al contrapeso, éste obliga á la rueda á virar, poniéndose de costado.

El mecanismo regulador difiere en el modelo con engranaje, conforme se vé en la fig. 27. Está dispuesto de manera que cuando la rueda se presenta al viento, una palanca con excéntrica comprime la polea horizontal de la meseta giratoria, y cuando cambia la dirección del aire, la palanca de la excéntrica actuada por el timón, deja en libertad la polea para volver á comprimirla apenas el timón queda en reposo.

Además, lleva en el árbol vertical un muelle fig. 28, que tiene por objeto absorber los movimientos bruscos del aire, que tan perjudiciales son para las transmisiones de ruedas dentadas.

Se construyen estos motores de 2,44, 3,05 y 3,66 metros de diámetro, cuya fuerza es de $1\frac{1}{2}$, 2 y 3 caballos, y sus precios en Nueva-York 75, 85 y 125 pesos.

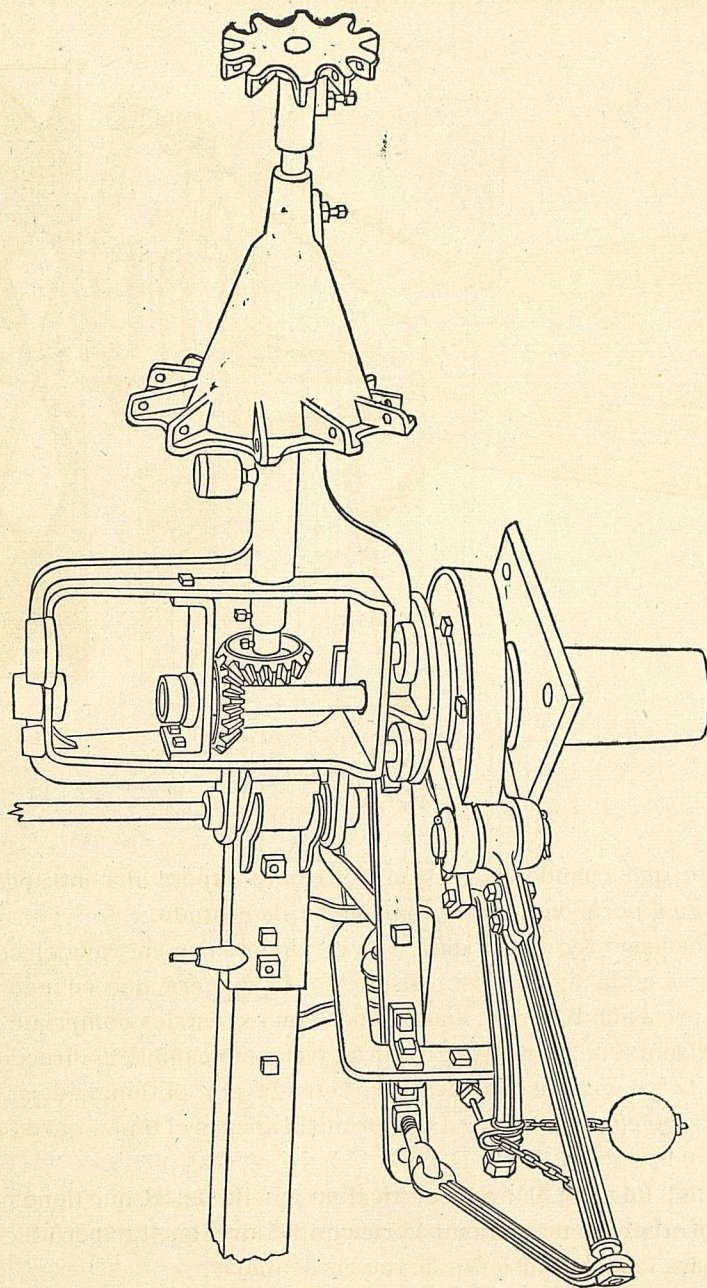


Fig. 27.

El segundo tamaño ocupa un volumen de 40 piés cúbicos, ó sea una tonelada, cuyo flete hasta España cuesta unas 100 pesetas.

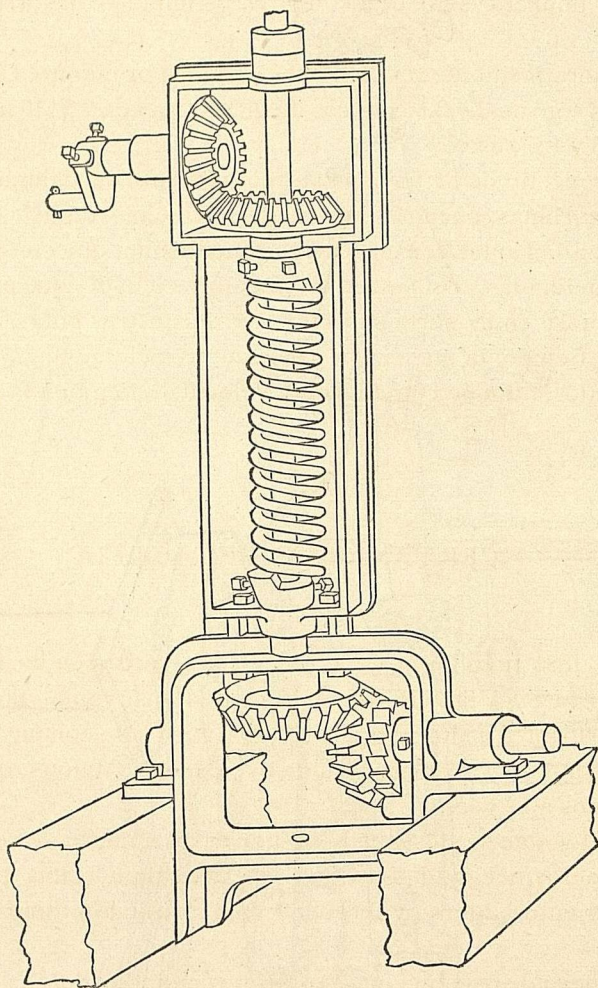


Fig. 28.

Los fabricantes Mast, Foos y C.^a, del mismo punto, construyen otra turbina de paletas cóncavas, cuyo eje se presenta con bastante excentricidad para favorecer la acción del aire en las aspas y virar la rueda.

El aire se desliza por la superficie de las aspas en lugar de chocar, como sucede en otros sistemas, en los cuales se pierde alguna fuerza por la fricción. Lo mismo que una corriente de agua que siguiendo



una superficie curva en su descenso, aunque la distancia que recorra sea mayor que la natural de gravitación, llegará á un plano horizontal dado en igual tiempo; así, el aire no pierde fuerza en el momento de impacto, sino que conserva su impulso hasta que sale de la rueda.

El número medio de revoluciones es de 40 por minuto. Los tamaños corrientes son de 3 y 3,66 metros de diámetro, con 7 y 10 aspas, y sus precios 85 y 125 pesos.

Y á propósito de la forma más conveniente de paletas para esta clase de turbinas, bueno es recordar el principio de física que se demuestra en las aulas con un aparato sencillísimo, que consiste en tres canales inclinadas, recta, arco de círculo y cicloide, que parten y terminan juntas; en la parte superior se colocan tres bolas, dejándolas caer á un tiempo; la que rueda por la curva cicloide llega primero, y las otras dos, aunque con diferente velocidad, llegan á la par.

CERTAMEN DE FILADELFIA

El año 1884 tuvo lugar en Filadelfia un certámen de motores de viento por la Sociedad de Agricultura de Pensilvania: fueron invitados 15 fabricantes de los Estados-Unidos; pero sólo concurrieron cinco motores: Halladay, Perkins, Kennedy, Leffel y Manvel, que se ensayaron todos á la vez.

Los datos que se deseaban obtener eran: número de revoluciones de cada motor, y cantidad de agua que extraían de una profundidad dada en vientos ligeros y fuertes y bajo presiones atmosféricas variables.

El número de revoluciones se obtuvo con indicadores movidos por un brazo á la biela, pero se inutilizaron algunos. La cantidad de agua con contador sistema Keystone. El agua se extraía de dos barricas unidas por un sifón y mantenidas á nivel constante, y se forzaba por un tubo de 8 metros de altura, desde el cual pasaba al contador.

Los cinco molinos (de 3,05 m diám.) se levantaron en torres de 40 piés, en un gran espacio completamente despejado de obstáculos y á distancia de 20 metros entre sí.

La parte baja de cada molino estaba cerrada bajo llave, y una vez engrasados todos ellos, no se volvieron á tocar hasta la terminación del ensayo, que duró nueve días consecutivos.



Cuando la velocidad del viento osciló entre 12 y 16 millas y el barómetro se sostuvo á 29,973 pulg. en la noche del 18 de Septiembre, la velocidad de los molinos no fué tan grande como con la media del viento de 9 millas y el barómetro á 30,132, demostrando que la densidad del aire influye mucho en el trabajo del motor.

La velocidad de los molinos se observó el 20 de Septiembre á las 5 de la tarde. El Leffel dió desde el 18 á las 3 h 45^m de la tarde, 35.200 vueltas; el Perkins, 35.700; el Kennedy, 20.520; el Manvel, 24.550, diferencias que deben relacionarse con la forma de las aspás ó con las bombas.

Examinando estos tres molinos el 23 á las 5 h 30^m de la tarde, resultó: Leffel, 77.720; Kennedy, 51.190; Manvel, 58.710, mostrando que el Kennedy y Manvel perdían gradualmente en velocidad. Pero comparando el Leffel y Manvel después del ensayo completo, el contador del Leffel marcaba 180.750, y Manvel 174.770, cifras que acusaban un aumento de 13.030 revoluciones para el segundo desde el 23 Septiembre á las 5,30 t.

Los motores Leffel y Manvel trabajaron sin ruido ni vibración, mientras en los demás son considerables, particularmente en el Halladay en viento fuerte; atribuyéndose á la bomba empleada, que era muy grande, y por tener recargado el peso del regulador para conservar cerrada la rueda más tiempo.

El siguiente estado manifiesta la cantidad de agua en piés cúbicos elevada por los molinos con distintas velocidades del viento; notándose á primera vista que el Halladay y el Kennedy entre el 19 á las 3 t y el 20, á las 7 m, cuando la velocidad del viento era de 4 á 5 millas (excepto un momento que llegó á 11 millas), no trabajaron tanto como el Leffel, que tenía una bomba que ofrecía mucha ménos resistencia. Se observa también que hay mucha variación en el rendimiento sin que se explique la causa. Un día trabaja uno más que otro, y el siguiente al contrario.

SEPTIEMBRE.	VELOCIDAD MEDIA.					
DIAS.	MILLAS.	HALLADAY.	LEFFEL.	PERKINS.	KENNEDY.	MANVEL.
18 al 19	11	487	252	418	211	232
20 al 21 *	7	529	264	292	315	228
19 al 20	4,80	72	161	62	71	44
23 al 24	7	334	203	242	333	208
25	14,66	638	378	432	500	360
25 al 26	11,60	291	266	253	183	202

(*) Esta línea dá la cantidad de agua elevada desde las 5 t. del sábado hasta las 7 m. del lunes, con velocidad media de 7 millas por hora.



SISTEMA DUMONT

La turbina atmosférica representada en la fig. 29 se construye por A. Dumont, de Paris. El modelo que tuvimos ocasión de examinar en el concurso agrícola de este punto en Enero de 1884, tenía 4 metros de diámetro, accionaba una bomba de pistón de 0,14 de diámetro y 0,16 de curso; con viento de 4 metros á 4,50, daba 20 á 22 revoluciones por minuto y elevaba á 3 metros de altura 5.000 litros de agua por hora.

Un aparato de 2 metros de diámetro marchando con un viento de 7 metros por segundo, y obrando sobre una bomba, desarrolla una fuerza de 10 kilográmetros.

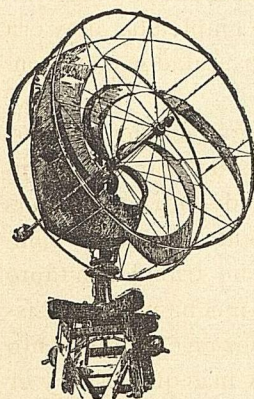


Fig. 29.

Admitiendo que para utilizar la presión del agua es más ventajosa la turbina que las ruedas de paletas, claro es que la aplicación del mismo principio á los motores de viento debe ser también beneficioso; pero el agua se puede mantener á nivel constante en el cauce que la conduce á la turbina, la altura de la columna es asimismo invariable, y por consiguiente, el efecto producido se determina dentro de límites que permiten calcular matemáticamente las resistencias que han de soportar los órganos del aparato.

En los motores de viento automáticos ni se pueden fijar los límites, ni se ha inventado un mecanismo que se reduzca de tal modo en superficie, que el aire no encuentre resistencia en él.

Esta consideración nos inclina á dudar de la supuesta inmunidad de las turbinas en temporales; y si mal no recordamos, una de este sistema fué arrancada por el viento en una tormenta que hubo en París el año 1885.



SISTEMA JUANDO

Aunque los motores de eje vertical no han prosperado á pesar de los numerosos ensayos é ingeniosos medios inventados para protegerlos de vientos fuertes, debemos citar un sistema que merece especial mención, siquiera sea porque representa el primer esfuerzo original de un fabricante español en el perfeccionamiento de tan útiles aparatos.

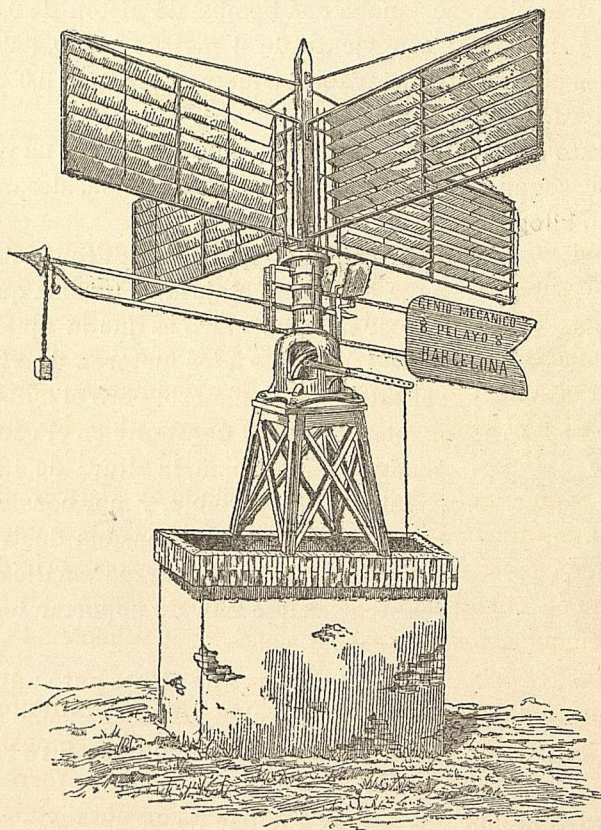


Fig. 30.

Apenas cuenta un año de existencia; tiempo insuficiente para poderlo juzgar con datos fidedignos.

Los Sres. Juando y Barrufet, de Barcelona, han conseguido combinar la superficie de trabajo de las aspas en función de la veleta.

Vemos por la figura 30, que el motor se compone de cuatro aspas



compuestas de persianas con varillas verticales que vienen á descansar en un camón que forma parte de la veleta, excusando añadir que ésta es independiente del árbol y de todo el resto del mecanismo.

El sistema consiste en que el aspa cerrada no trabaja más que un cuarto de círculo, empleando $\frac{1}{8}$ antes y otro después, para cerrar y abrir automáticamente las persianas.

La latitud varía de 0,25 á 0,50 de la longitud, según el tamaño. Los que construyen son de 1, $1\frac{1}{2}$ y 2 metros cuadrados cada aspa, que desarrollan, con viento de 5 metros por segundo, 7,50, 11,25 y 15 kilográmetros, y sus precios en Barcelona 600, 800 y 1.000 pesetas.

SISTEMA WHEELER

Así como en los motores pequeños no puede negarse á los americanos la originalidad y perfección de sus bien combinados sistemas automáticos, es asimismo de justicia consignar que en los grandes motores han adoptado los mecanismos ya conocidos en Europa, introduciendo tan sólo la forma circular, ó sea aumentando el número de aspas; pero sin perfeccionar en nada lo ya conocido del sistema autorregulador.

El motor que vamos á describir, instalado en Madrid, es una copia de los molinos alemanes, especialmente de los que hay cerca de Magdeburgo, en cuanto al mecanismo automático para abrir ó cerrar las hojas de que están formadas las aspas, diferenciándose de los de Magdeburgo en que éstos tienen 4 ó 5 aspas, y el Wheeler 18, formando un círculo.

Una variante debemos mencionar, y es que en los molinos de Magdeburgo, las persianas de las aspas están retenidas en posición por un contrapeso general situado al lado opuesto de la torre; cuando la presión del viento pasa del límite representado por dicho contrapeso, las aspas se mantienen abiertas mientras haya exceso de presión: en el sistema Wheeler se consigue esto por un regulador de bolas, de que trataremos más adelante.

La fig. 31 representa el aspecto general del motor Wheeler de 10 á 18 metros de diámetro, faltando únicamente la veleta que ahora se añade á continuación de los molinetes para iniciar la virada.



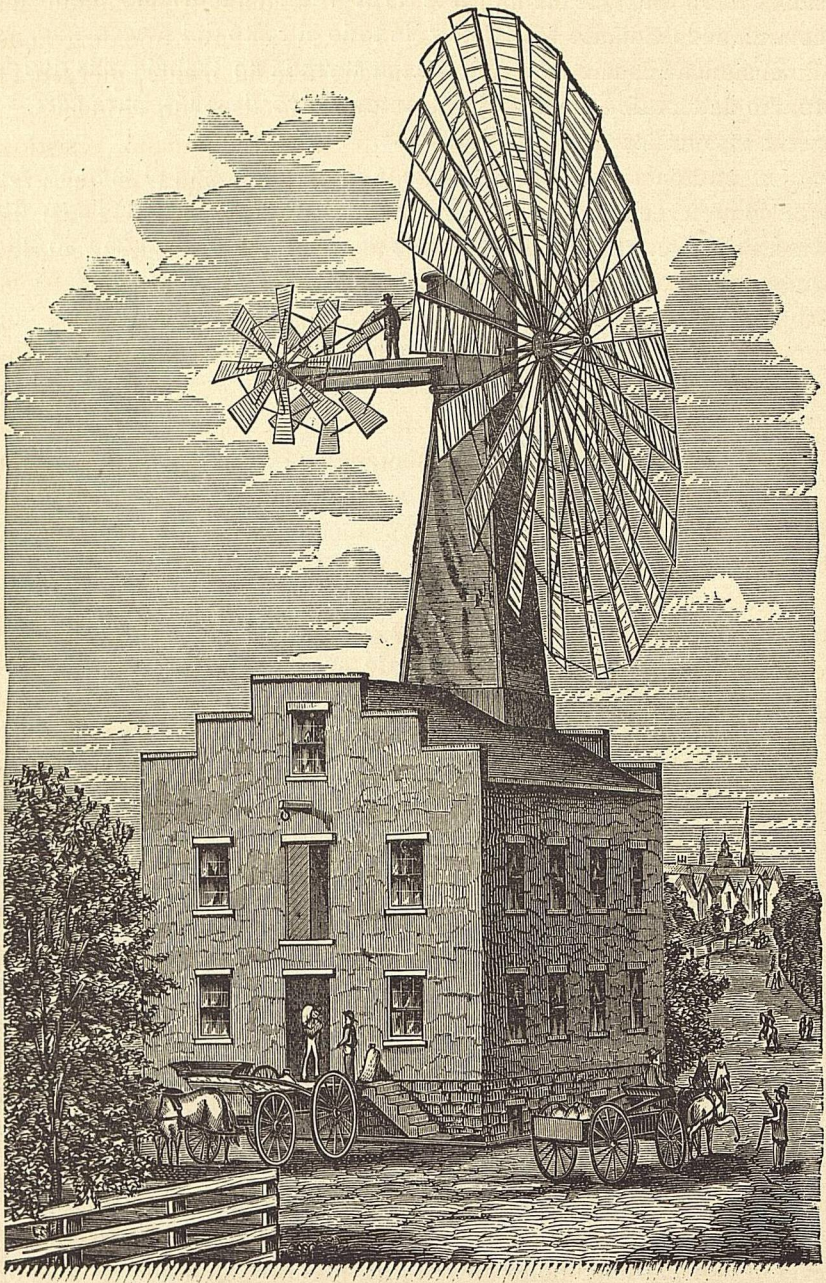


Fig. 31.

En la explicación que sigue nos referiremos á la lámina cuyos diseños están tomados del motor de 12,19 m. de diámetro instalado en la colonia de la Concepción (Madrid), porque es el único tipo de grandes dimensiones que hemos podido examinar detenidamente, merced á la amabilidad de su dueño D. Manuel Moradillo, y porque creemos que reúne los últimos adelantos. A pesar de su colosal tamaño, resistió el ciclón que pasó por allí el 12 de Mayo de 1886; mientras que otros más pequeños del mismo punto fueron arrojados al suelo (un Halladay de 4,27 m. y un Eclipse de 3,05 m.). Esta prueba bien puede considerarse como concluyente, pues aquel ciclón desgajó y arrancó de raíz árboles corpulentos, derribó la fachada monumental del Museo de reproducciones y causó multitud de desgracias por varios derrumbamientos de edificios.

La rueda del motor consta de 18 rayos que sustentan 7 persianas cada uno en la disposición representada en la fig. A (vistas anterior, lateral y posterior). Las persianas están formadas con tablas de 10 cm. de ancho y 7 mm. de grueso, sin otra sujeción que dos barrotes *b b* en el centro y un listón delgado en cada borde.

Los brazos de la rueda enlazan entre sí con barras de hierro *c*, y además lleva cada rayo un tirante *d* al extremo del eje, cuyos tirantes también se unen entre sí con dos series de varillas.

En cada una de las barras de unión de los rayos vá sujeto un pilarillo *a* para sostener el listón donde apoyan las persianas. Dichos pilarillos son todos iguales; mas como se hallan á distancias distintas del rayo, la inclinación de las persianas aumenta de la periferia al centro en relación con la velocidad de los diversos puntos de la rueda.

Al costado de cada barrote de persiana hay fijo un brazo corto de hierro maleable articulado en un manguito sujeto á la varilla general, de modo que según la tirantéz de esta varilla, se abren más ó ménos las persianas.

El extremo *e* del listón en que termina la varilla, juega en la escuadra *f* (fig. B). Los tirantillos *g* articulan en una placa *h*, la cual á su vez, mediante un collar libre, enlaza con el codo *i*, apoyado en dos soportes *j*; el brazo mayor del codo *i* articula con la palanca *l*, suspendida en el marco *m*, terminando esta parte del sistema de cierre en la barra *n* que descende al regulador.

El resto de la meseta giratoria se comprende fácilmente por la sección vertical y la planta de la fig. B. La rueda dentada *o*, calada al eje de la rueda, engrana en el piñón del árbol *p*. La plataforma descansa en polines sobre el anillo fijo en los mástiles, el cual tiene una corona dentada exterior donde engrana un piñón *q* que recibe movimiento de los molinetes.



La veleta (fig. G) se coloca á un costado, con objeto de contrarrestar la tendencia de la rueda á virar á la izquierda.

El regulador de bolas es como los que se emplean en las máquinas de vapor, pero hace un papel inverso; pues las resistencias que deben vencer aquéllos varían según las interrupciones en los trabajos, mientras en los motores de viento los cambios bruscos no proceden de los aparatos que mueve, sino del motor mismo, teniendo que moderarse las aceleraciones sucesivas que recibiría la maquinaria, con grave detrimento de ella, de la rueda motriz y del trabajo que verifica.

Como se vé en la fig. D, la polea r del árbol p' transmite el movimiento á la r' del regulador, que consta de dos esferas fijas en pletinas articuladas á la extremidad del eje vertical. Las bolas tienden á separarse según la velocidad de rotación, levantando el anillo libre donde encaja la horquilla del balancín, y éste comprime la polea de fricción s contra la s' del árbol, haciendo girar aquélla y enrollando la cuerda t que levanta la palanca u , y con ella la barra n que abre las persianas.

El contrapeso z tira de la barra n cuando cesa el efecto del regulador. El torno v sirve para levantar la palanca u y detener la marcha del molino.

No obstante la considerable altura de la torre y el peso enorme de algunas piezas del motor, el aparejo representado en la fig. F fué suficiente para el montaje.

INSTALACIONES ACCESORIAS.

Cuando el motor de viento es de pequeño diámetro y se destina á la elevación de agua para el servicio de una casa, se coloca sobre el tejado; pero á ser posible, es más conveniente instalarlo con entera independencia del edificio, y aun á cierta distancia de él, porque así se evita la trepidación que comunica á las paredes, y sobre todo, el ruido molesto que produce, especialmente el sistema Halladay y sus homólogos.

La construcción ordinaria de las torres consiste en un armazón piramidal de hierro de ángulo ó de madera con travesaños horizontales y crucetas de refuerzo, como se representa en la fig. 20.

Los travesaños horizontales de la torre no deben distar más de 4 metros entre sí, con objeto de formar pisos para el fácil acceso de los vástagos y cojinetes.

La torre del motor Wheeler dibujada en la fig. E de la lámina, re-



sulta de gran solidez; pero es preciso apretar los tornillos en verano, aflojándose también los encajes de las cruces, por lo cual es preferible sujetar éstos solapando en los postes, así como las cadenas horizontales.

El motor debe situarse distante lo ménos 100 metros de árboles, edificios ú otros obstáculos que entorpezcan el paso del aire. Es conveniente también que la altura de la torre no baje de 10 metros.

De cuantas prevenciones puedan ser necesarias para levantar un castillejo, ninguna tan importante como la de aplomos, porque si la plataforma giratoria no está nivelada ó el árbol perfectamente vertical es imposible que el motor funcione bien.

Los precios corrientes de las torres en Hamburgo, son:

Diámetro de la rueda. — Metros.	PRECIO POR METRO DE ALTURA		Barra para la bomba con soportes. — Pesetas.
	Torre de madera. — Pesetas.	Torre de hierro. — Pesetas.	
	Pesetas.	Pesetas.	
3,05	25	52	3,75
3,67	25	60	4
4,27	30	65	6
4,88	35	70	7
5,50	38	75	8
6,10	42	80	9
6,70	46	85	10
7,62	50	100	11
8,53	55	125	11,50
9,14	60	140	12
10,97	70	160	14,50
12,20	80	200	15

Desde luego que en España serán más elevados y variarán considerablemente según la localidad, puesto que dependen del coste de la primera materia ó de la distancia de los talleres en que se construyan.

En los castillejos de madera se emplean palos rectos por facilitar la construcción; pero en los de hierro debe darse la curvatura de catenaria, por ser la que tiene su centro de gravedad más bajo, aparte de la mayor esbeltez del conjunto, y de ofrecer menor resistencia al viento, porque los palos de 15 cm de lado se sustituyen por barra de ángulo de 7 cm por 11 mm de grueso.

Sin embargo, en lugar de la catenaria ó de la parábola, es corriente adoptar el arco de círculo de gran rádio, á fin de utilizar una sóla plantilla para todos los trozos.

Cualquiera que sea la materia de que se construya, debe calcularse para resistir una presión de 300 kilogramos en metro cuadrado.

Si conviene tener el depósito de agua elevado del suelo para fuentes de surtidor ó suministro de una casa, entonces puede construirse una torre de ladrillo, conforme representa la fig. 32.

Está calculada para un motor de 6 metros; la torre mide 15 metros de altura y el depósito 200 metros cúbicos.



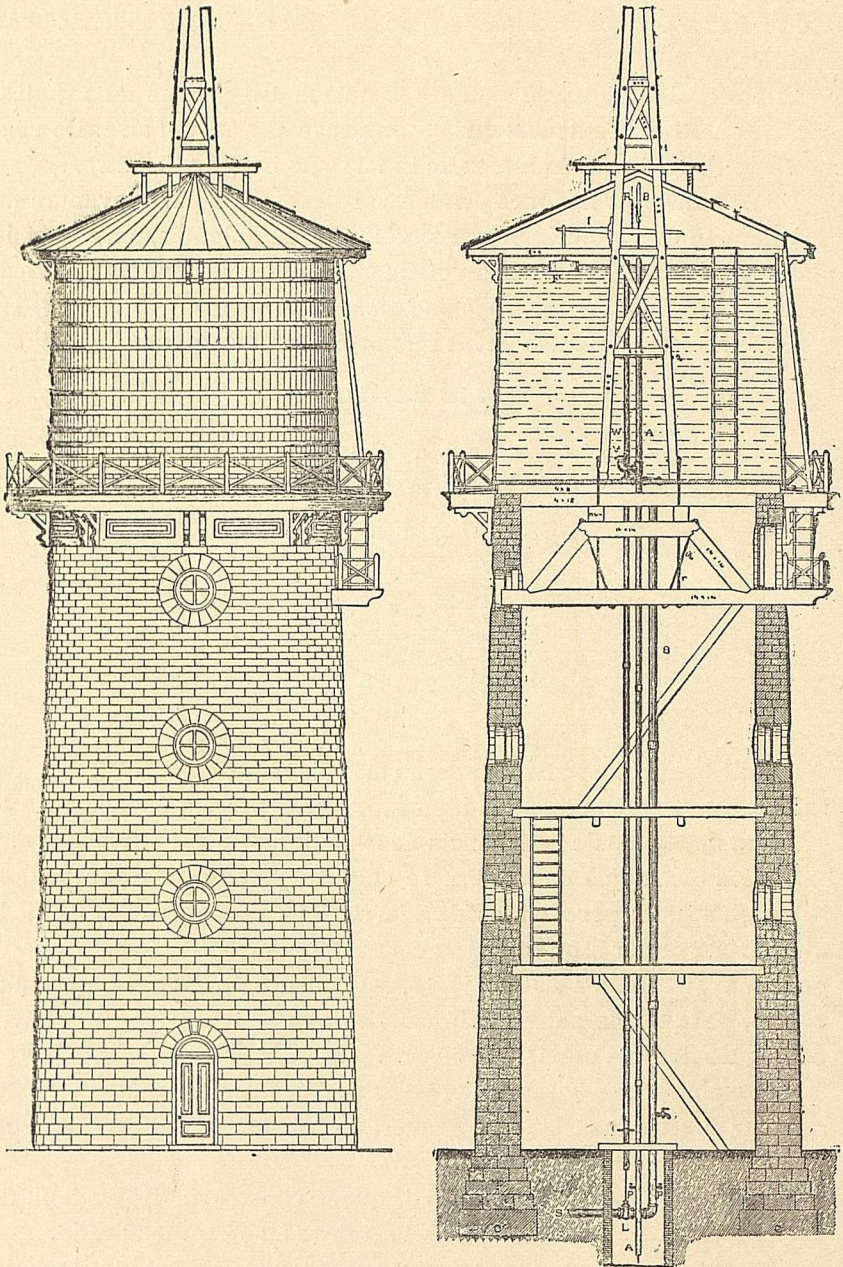


Fig. 32.

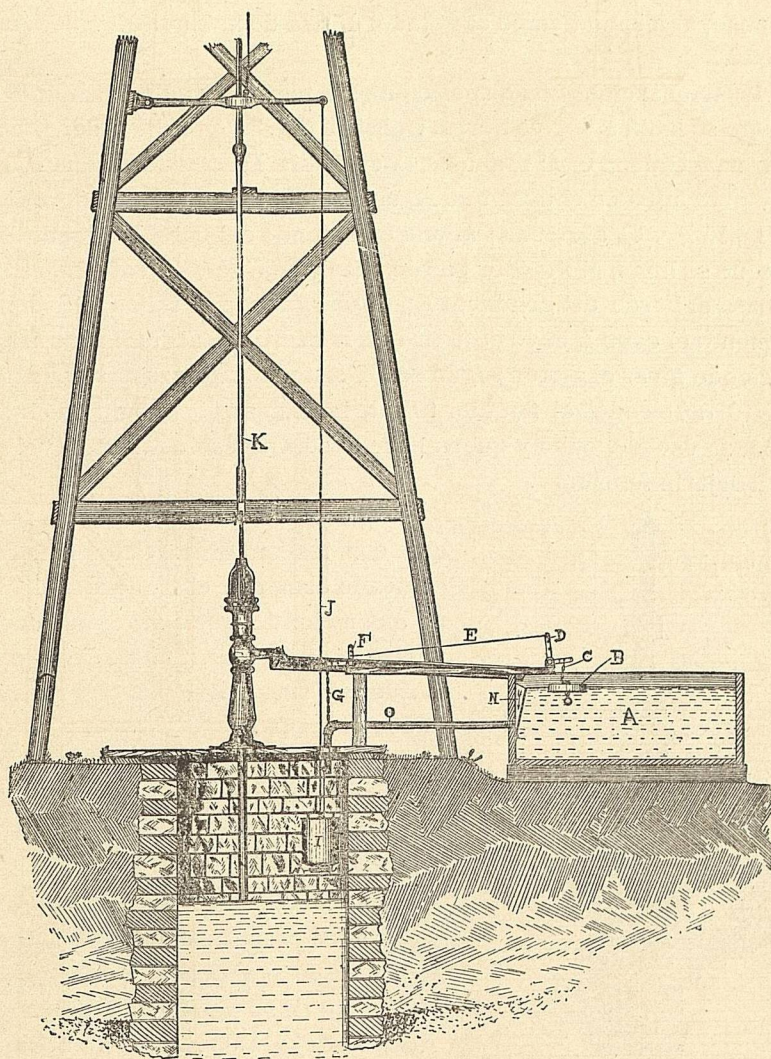


Fig. 33.

Una bomba aspirante é impelente, maniobrada por el vástago B dentro del tubo A, eleva el agua al depósito, en cuyo fondo hay un tubo de toma S con válvula de cierre L, movida por una varilla P.

Cuando el depósito se llena, el exceso de agua cae por el tubo W al pozo; al mismo tiempo el flotador F tira de la barra R y detiene la rueda.

Mencionaremos una disposición para parar el molino cuando el depósito se halla á flor de tierra. Consiste (fig. 33) en un flotador B unido por una cadena C al brazo de la escuadra D; de suerte que cuando hay poca agua en el estanque A, el peso del flotador B, por medio de C, D, E, F y G, abre una válvula en el fondo del cubo I. Cuando el estanque se llena, el flotador pierde peso y deja caer la válvula, el agua rebasa el borde del conducto N, descarga por el tubo O, llena rápidamente el cubo I, cuyo peso tira de la cuerda J, abriendo las aspas ó haciendo girar el motor según sea el sistema. Apenas el agua del depósito descende, el flotador tira de la cadena G, levantando la válvula, se vacía el cubo y queda libre el contrapeso del motor, volviendo á dejarle funcionar.

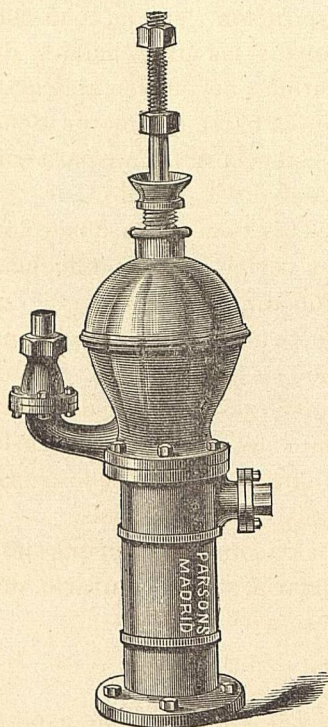


Fig. 31.

Respecto de bombas ocurre lo mismo que con los motores. Cada fabricante pretende construir el único modelo bueno ó el mejor de todos; así es que dada la variedad de formas, no basta determinar el sistema, sino fijarse principalmente en la construcción.

La bomba sencilla aspirante se compone de un cilindro hueco, de un émbolo con válvula y del tubo de aspiración con válvula también.

La bomba aspirante y elevatoria eleva el agua por aspiración hasta el cilindro, y desde él al depósito empujada por el émbolo en su movimiento ascendente. Además de las válvulas en el émbolo y en el fondo del cilindro, tiene otra en el tubo de impulsión, y para amortiguar los choques, se dispone en la parte superior un recipiente de aire que se comprime en el período de subida. La fig. 34 representa una bomba de este género muy usual

para motores de viento de 3 á 5 metros y elevaciones hasta de 50 metros. Con objeto de tener siempre cargado el cilindro y sumergidas



las válvulas, el cilindro está rodeado por otro en cuya parte superior se enchufa el tubo de aspiración.

Hay bombas sencillas aspirantes é impelentes cuyo émbolo macizo produce la absorción durante su movimiento ascensional, y la impulsión en su descenso, pues el tubo de salida arranca de un costado de la parte inferior del cuerpo de bomba con válvula que se abre hácia afuera.

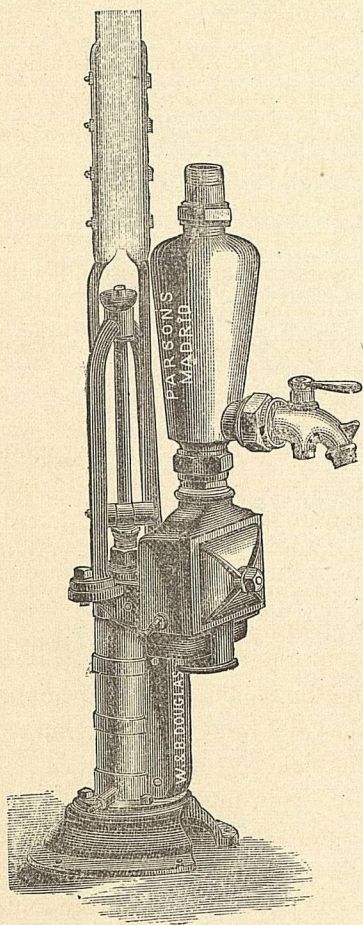


Fig. 35.

Estas bombas son de simple efecto, porque sólo elevan el agua durante uno de los movimientos del émbolo. Cuando éste aspira é impele agua tanto en la subida como en la bajada, se llaman de doble efecto.

Así es la representada en la fig. 35 que se emplea en los motores grandes, porque utiliza mejor la fuerza y el chorro es contínuo. Al costado de la parte superior del cilindro está situada la caja de válvulas con enchufes para los tubos de aspiración y salida. Esta clase de bomba y las diferenciales de chorro contínuo no pueden aplicarse sino cuando la barra del motor tiene peso y consistencia suficiente para empujar hácia abajo el émbolo.

En todas las bombas la absorción de agua se verifica bajo la influencia de la presión atmosférica, cuya fuerza es equivalente al peso de una columna de agua de 10 m 33 de altura. La columna de aspiración no puede pasar teóricamente de este límite, y en la práctica no llega, á causa de los rozamientos y resistencias pasivas.

La velocidad máxima con que sube el agua en el tubo de aspiración no es arbitraria, sino al contrario, determinada exactamente, y tiene por expresión

$$v = \sqrt{2g(H' - H)}$$

g es la aceleración debida á la gravedad = 9,81, H la altura de aspiración; H' la presión atmosférica (la carga que produce el movimiento ascensional de la columna de aspiración, es siempre igual á $H - H$).

En la práctica es preciso disminuir este valor, porque no es posible obtener un vacío absoluto ni los órganos encontrarse en perfecto estado.

De nada sirve que el émbolo ú órgano propulsor de una bomba aspirante posea una velocidad lineal superior á la velocidad v con que puede afluir el agua, porque entonces no se llena el cilindro y se desperdicia fuerza.

Además, si se exagera la aspiración, el aire disuelto en el agua se desprende en el funcionamiento de la bomba, y es causa de choques.

La columna de impulsión obedece á otras leyes, pudiéndose elevar á la altura que se quiera, siempre que los órganos propulsores tengan la solidez necesaria y se disponga además de fuerza suficiente.

El rendimiento teórico ó geométrico de una bomba es el volumen engendrado en un segundo por el émbolo ú órgano propulsor; el rendimiento real es el número de litros que arroja el tubo de descarga.

El trabajo útil se expresa en kilográmetros, y es el producto del número de kilogramos de agua realmente elevados por segundo por la altura total expresada en metros.

Para calcular los elementos de una bomba de pistón, si llamamos N el número de metros cúbicos de agua que se desea elevar por minuto; D , el diámetro del émbolo en metros; S , su superficie en metros cuadrados; c , su carrera en metros; n , número de vueltas por minuto (número doble de las emboladas sencillas); v , velocidad lineal media del émbolo por minuto; R , el rendimiento en volumen ó relación entre la cantidad de agua realmente elevada y el volumen geométrico descrito por el émbolo, se tiene (despreciando el volumen del vástago del émbolo), para una bomba á simple efecto:

$$N = S c n R = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{v}{2} \times R \quad D = \sqrt{\frac{8 N}{\pi v R}}$$

y para una bomba de doble efecto:

$$N = 2 S c n R = \frac{\pi D^2}{4} \times v \times R \quad D = \sqrt{\frac{4 N}{\pi v R}}$$

Es claro que los valores de n y de v están limitados por la consideración de que el agua ha de tener tiempo de seguir el movimiento del émbolo, y que las válvulas lo tienen para abrir y cerrar sin choques violentos.

Es preciso no confundir el rendimiento en volumen R con el rendimiento en trabajo; porque los rozamientos, escapes, cambios bruscos de dirección, velocidad que lleva el agua en el momento de salida al depósito, son otras tantas causas que contribuyen á disminuir el trabajo útil.



Las proporciones entre el diámetro de una bomba de pistón y su curso son arbitrarias; cuanto más aumente el número de emboladas más conviene reducir la carrera, á fin de no alcanzar velocidades lineales exageradas.

Generalmente los fabricantes se atienen á esta regla empírica; para bombas aspirantes á simple efecto, la carrera es de vez y media á dos veces el diámetro, y para bombas impelentes también de simple efecto, la carrera es de dos á cuatro diámetros; para las bombas á doble efecto, la carrera es de $1\frac{1}{2}$ á $2\frac{1}{2}$ diámetros.

En cuanto á la velocidad lineal del pistón, varía de 10 á 40 metros por minuto.

La velocidad del agua en los tubos de aspiración y de impulsión, varía de 0,^m 70 á 1,^m 30 por segundo, y en las válvulas de 1,80 m. como máximo.

A los tubos de gran longitud se les dá una sección igual á $\frac{1}{2}$ de la del émbolo. En las tuberías cortas de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{5}$ de dicha sección.

Es conveniente colocar en los conductos de aspiración, y sobre todo en los de impulsión, depósitos de aire que amortigüen los choques que produce el agua contra el émbolo, dando cierta elasticidad al movimiento de la columna líquida. Como el aire se disuelve en el agua, es preciso rellenar estos depósitos de vez en cuando.

BOMBAS QUE RECOMIENDAN LOS SEÑORES GRAEPEL Y STURGESS DE MADRID.

	Diámetro del cilindro.	Carrera del émbolo.	Agua por hora. 1.200 emboladas.	Precio en Madrid.
	mm.	mm.	Litros.	Pesetas.
SIMPLE EFECTO. (Fig. 34.)	63	203	756	140
	101	203	1.948	180
	152	203	4.420	420
DOBLE EFECTO. (Fig. 35.)	63	178	1.328	150
	89	203	3.028	240
	101	203	3.896	430

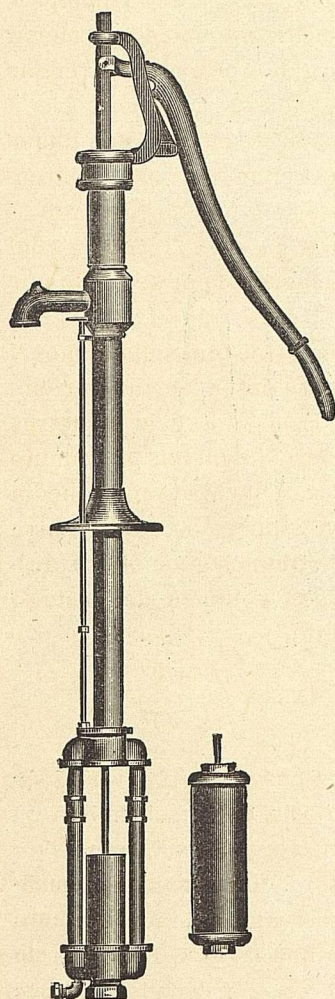


Fig. 36.

Las bombas usuales, cuyo vástago se une á la barra del motor, deben tener una articulación que las desconecte para poderlas mover á mano, conforme indica la fig. 36; advirtiendo esto, porque en un moli-

no hace poco tiempo instalado en Madrid, ha habido que añadir el guimbaleté y cuesta más que reponer la bomba.

Hemos prescindido de las bombas centrífugas porque nos parecen poco á propósito para los motores de viento, cuya marcha no es tan uniforme como aquellas exigen; sin embargo, los fabricantes *John and Henry Gwynne* de Lóndres las recomiendan para elevaciones pequeñas en la forma que representa la fig. 37.

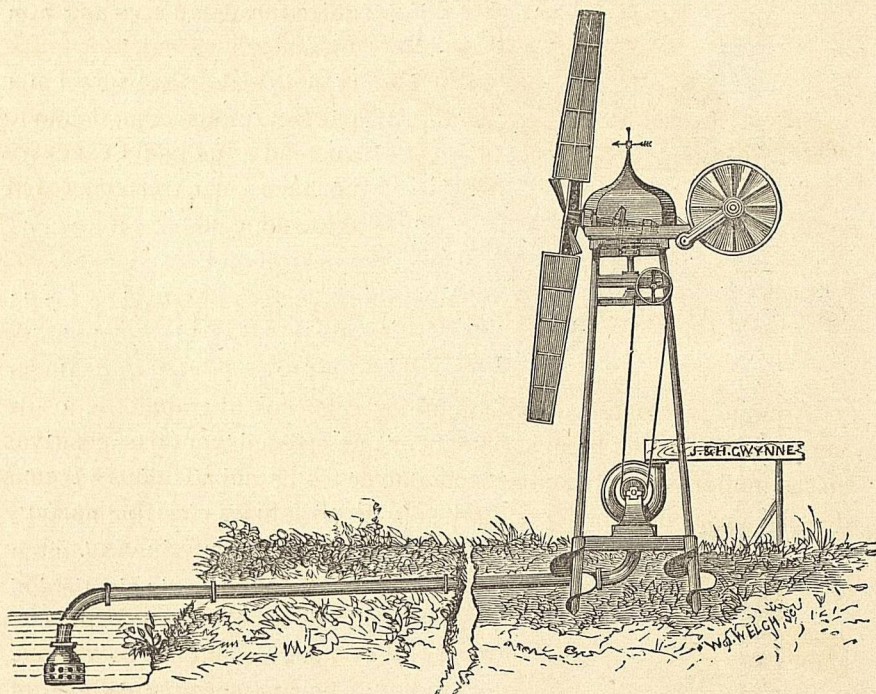


Fig. 37.

La cantidad de agua que extraen las bombas centrífugas está en relación del cuadrado de la velocidad; es decir, que si el molino dá doble número de vueltas, la bomba saca cuatro veces más agua, ó la misma cantidad á cuatro veces mayor altura. Esta propiedad es de tener en cuenta, porque cuando el viento es muy fuerte, la mayor cantidad de agua evita que ande demasiado aprisa, y utiliza toda la fuerza sin el inconveniente que por este concepto ofrecen las bombas cilíndricas.

El precio de un motor completo con aspas de 5 metros, bomba, tubería, correa, etc., para subir 100 litros de agua por minuto á 7 metros de altura, es de 110 libras esterlinas.

Citaremos, por último, un sistema ingenioso para convertir el mo-



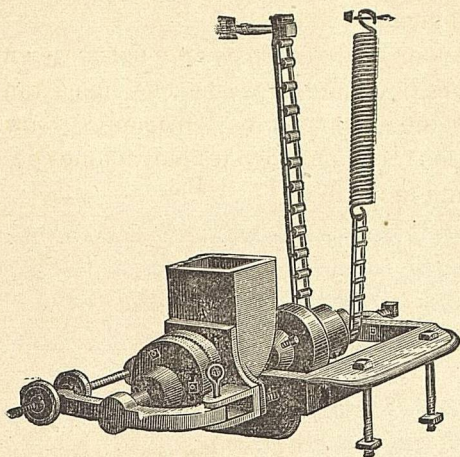


Fig. 38.

vimiento rectilíneo alternativo en circular, susceptible de aplicación en los motores de excéntrico. Consiste (fig. 38) en un muelle helicoidal fijo por su extremidad superior y unido por la inferior á una cadena que abraza la polea del triturador ú otro aparato. La cadena vá sujeta á la barra vertical del motor ó á una palanca intermedia, de modo que cada vuelta del excéntrico hace girar tres cuartos al triturador.

APLICACIONES DEL MOTOR DE VIENTO

Aunque no existen datos completos relativos al trabajo de los diversos sistemas, debemos reconocer que ofrecen ventajas positivas en sus numerosas aplicaciones, cuando en los Estados-Unidos hay más de seiscientos mil funcionando, y sólo de las fábricas de Kalamazoo y Batavia salen seis ó siete mil al año.

Si por otros medios se lograra obtener fuerza más barata, seguramente no alcanzarán el favor de que gozan.

Y en efecto, cuantos han viajado por los Estados de la Unión confirman el hecho, maravillándose del partido que sacan aquellos espíritus prácticos de una fuerza despreciada en los demás países.

La compañía del ferrocarril de Lake Shore y Michigan tiene instalados 30 molinos en las estaciones donde

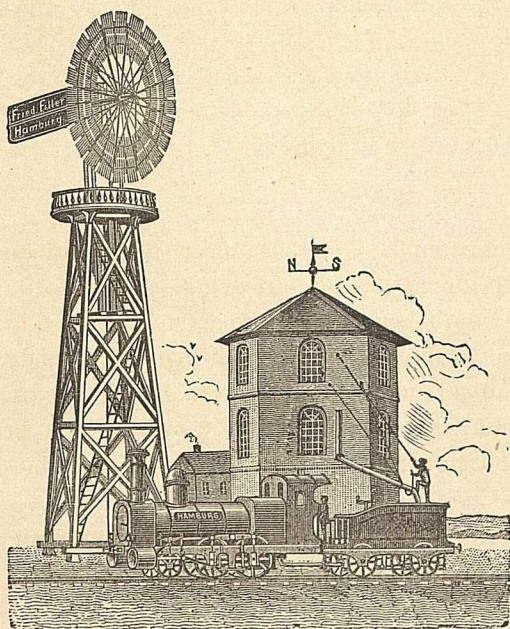


Fig. 39.



toman agua las locomotoras; sólo en aquellas donde se alimentan más de 30 locomotoras, es donde hay bombas de vapor.

En algunas estaciones de Alemania, especialmente hacia Magdeburgo, se ven motores de viento instalados junto á los depósitos que surten de agua á las locomotoras, conforme representa la fig. 39.

El empleo del motor de viento está hoy limitado á dos clases de uso.

I. *Trabajo de índole que admita suspensión durante una calma.*

Por ejemplo, ciertas operaciones, como cortar paja, triturar grano de pienso, batir manteca, aserrar y otras semejantes.

II. *Trabajo en que puede acumularse fuerza para utilizarla cuando se quiera.*

Aquí es donde el motor tiene aplicaciones importantes, y de ellas la principal es elevar agua, ya para riego de huertas, jardines ó tierras de labor, abrevaderos, ya para surtir los pisos superiores de una casa cuando la presión no alcanza, ó para alimentar depósitos de reserva para casos de incendio ó suministrar fuerza para mover pequeños motores hidráulicos de los sistemas Schmidt, Kieffer, etc., que pueden hacer marchar máquinas de coser ú otras de uso doméstico.

Para comprimir y almacenar aire.

Para mover máquinas dinamo-eléctricas y cargar acumuladores. Cuando éstas baterías se perfeccionen, podrá ser de gran aplicación el motor de viento. La corriente eléctrica será de diferencia de potencial constante, siendo sólo la intensidad la que varíe por los cambios en la velocidad del aire.

Respecto de su aplicación al riego, una vez conocida la cantidad de agua del subsuelo y su profundidad, es muy sencillo el cálculo del interés que deberá obtenerse del capital invertido en un motor de viento.

En los climas templados el agua no lleva á la cosecha sino una pequeña parte de las materias fertilizantes; sirve, sobre todo, para refrescar el suelo y hacer posibles los fenómenos de absorción y de evaporación indispensables á la vida de las plantas.

Generalmente se calcula el volumen de agua necesaria para riego de $\frac{1}{2}$ á 1 litro por segundo y hectárea, dependiendo de la naturaleza del terreno, de la clase de cultivo, extensión que se ha de regar y de la habilidad del regador.

Para establecer comparaciones entre el motor de viento y otros medios de transformación de energía, es preciso tomar como término la unidad de fuerza en la unidad de tiempo, comprendiendo todos los gastos de amortización, interés, recomposiciones, jornales, combustible, lubricantes, etc.



Como ejemplo de rendimiento copiamos un estado inserto en el *American Engineer*, según ensayos verificados en Nueva-York, advirtiéndose que la velocidad del aire se computa en 16 millas por hora, ó sean 7,15 metros por segundo.

DIÁMETRO de la rueda. — Metros.	LITROS de agua elevados á 7 1/2 m. de altura por hora.	FUERZA equivalente en caballos de vapor.	NÚM. de horas de trabajo al día.	GASTO DEL EFECTO ÚTIL EN CÉNTIMOS DE PESETA POR HORA.				GASTO por caballo y hora en cént.
				Interés del capital, motor, bom- ba, torre, etc. á 5 por 100 anual.	Amor- tización y reparos 5 por 100 del coste al año.	Personal.	Acelte.	TOTAL
2,80	1.440	0,04	8	1,25	1,25	0,30	0,20	3,00
3,05	4.320	0,12	8	1,50	1,50	0,30	0,20	3,50
3,66	7.560	0,21	8	1,80	1,80	0,30	0,20	4,10
4,27	10.080	0,23	8	3,75	3,75	0,30	0,35	8,15
4,88	14.760	0,41	8	5,75	5,75	0,30	0,35	12,15
5,49	21.960	0,61	8	6,85	6,85	0,30	0,35	14,15
6 10	28.440	0,79	8	8,50	8,50	0,30	0,50	17,80
7,62	48.240	1,34	8	10,25	10,25	0,30	0,50	21,30

Podemos comparar el coste de un motor de viento de 7,6 m con el de vapor de un caballo, tomando por base el trabajo con 4 metros de velocidad y los gastos de la máquina funcionando 10 horas diarias.

	Pesetas.
Motor de viento de 7,6 = 1 1/4 caballos.....	3.000
Torre de hierro, 15 m á 110 pesetas.....	1.650
15 m transmisión, á 12 idem.....	180

4.830

Máquina de vapor de 1 caballo con caldera.....	2.500
Cobertizo para la misma.....	700

3.200

Los gastos anuales de la máquina son:

Interés y amortización, 10 por 100....	320
300 jornales del maquinista.....	600
Carbón 15 toneladas.....	450
Gasto anual.....	1.370
Amortización del motor de viento, 10 por 100.	483

DIFERENCIA..... 887

Se supone que los gastos menores de engrase, etc., son iguales para ambos.

No obstante la diferencia favorable, creemos que un motor grande dedicado á trabajos permanentes, es indispensable combinarle con otro de vapor.

Como demuestra el ejemplo siguiente:



En el pueblo La Concepción, inmediato á Madrid, se instaló un molino harinero sin más fuerza motriz que el motor Wheeler, de 12,19 metros (descrito en la pág. 87). Había de mover dos pares de piedras horizontales de 1,20 m, destinadas á la molienda de trigo; otro par de piedras verticales de 70 cm para triturar algarroba, los aparatos de limpia y cernido y una bomba en un pozo de 35 metros de profundidad.

Al principio, los campesinos de las cercanías acudían con más grano del que podía molerse, aun cuando reinase viento constante; pero pronto hubo de convencerse el dueño de que si el punto elegido era bueno para su industria, la inconstancia del aire acababa con la paciencia de los parroquianos, resolviendo montar una máquina de vapor de 14 caballos, cuya transmisión enlazase con la del motor de viento. Consorcio feliz que ha devuelto la parroquia y economiza más de 60 toneladas de carbón durante el año.

Es excusado comparar el motor de viento con el de gas, porque donde aquél puede prestar mejor servicio, no suele contarse con el fluido indispensable; y aun suponiendo que en lugar del gas de alumbrado se alimentase con vapores de bencina, nafta, etc., siempre resultaría muy desproporcionado el gasto.

El único motor pequeño que, descartando jornales, resulta más aproximado, es el de aire caliente sistema Rider ó Ericsson, cuando sea para sacar agua de pozo, porque ésta produce la diferencia de temperatura que hace funcionar la máquina.

Pero aun así, el gasto excede mucho al del motor de viento, según los datos siguientes de los constructores:

Número del motor.	Litros de agua elevados á 15 m. de altura por hora.	Fuerza equivalente en caballos de vapor.	GASTO DEL EFECTO ÚTIL EN CÉNTIMOS DE PESETA POR HORA.					Gasto por caballo y hora en céntimos
			Interés 5 por 100 del primer coste.	Amortización y reparos. 5 por 100.	Carbón 25 pesetas tonelada.	Engrase.	TOTAL.	
I.	900	0,042	(*) 1,70	1,70	3,15	0,25	6,80	161,90
II.	1.575	0,074	2,15	2,15	4,15	0,25	8,70	117,25
III.	3.600	0,169	2,85	2,85	7,50	0,30	13,50	79,90
IV.	7.200	0,337	4,30	4,30	15,00	0,50	24,10	70,50

* Multiplicando esta cifra por 534 dá el precio del motor en pesetas.

Y cuanto al trabajo manual, que es el más caro de todos, basta considerar que un hombre puede extraer 1.000 litros de agua por hora de 20 metros de profundidad; pero al cabo del día no pasa de 6.000 litros, por el descanso que exige tan penoso trabajo; saliendo á 28 ó 30

céntimos el metro cúbico, mientras que un motor de 4 metros saca 12.000 litros en cuatro horas con poco viento, y el gasto que representa es de 95 céntimos al día, ó sea 8 céntimos por metro cúbico.

*
* *

Parecería natural que después de describir tantos motores, señalásemos el más perfecto, y sin embargo, tenemos que reservar nuestra opinión, por no haberla podido formar categórica respecto de un sistema determinado.

Con frecuencia vemos funcionar varios, unos de aspas movibles y regulador centrífugo; otros de aspas fijas, con timón y rueda plegadizos. Todos funcionan bien, y no es fácil, mientras no se sometan á minuciosas pruebas ó á la prolongada acción del tiempo, decir cuál trabaja mejor ó es más duradero.

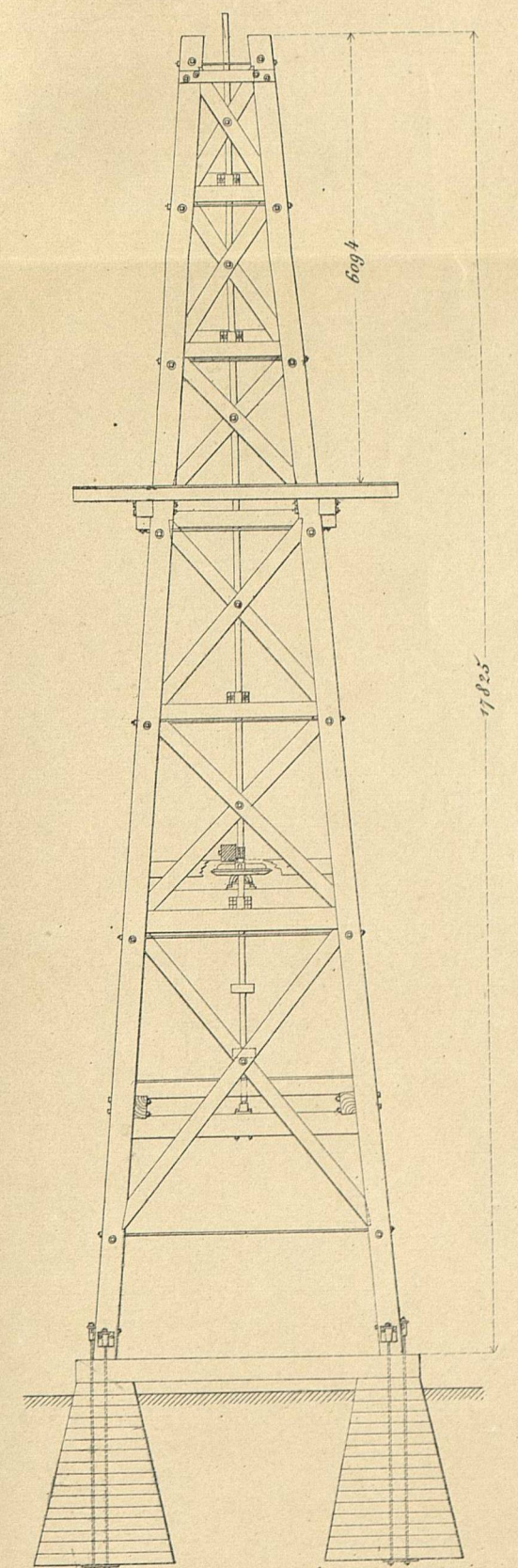
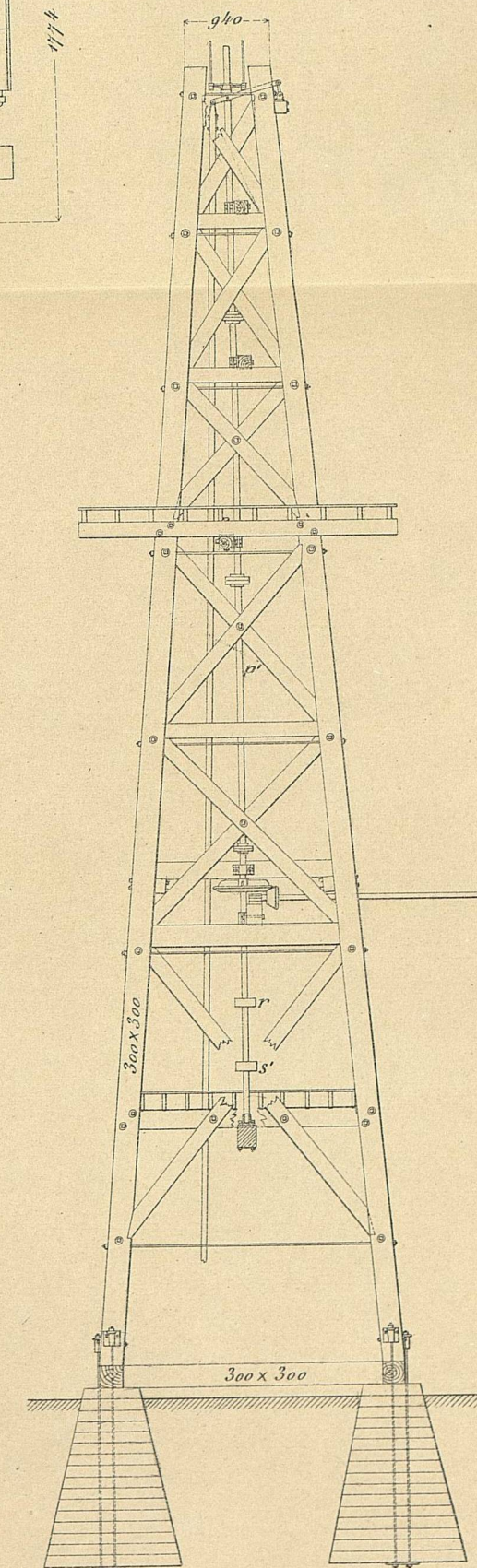
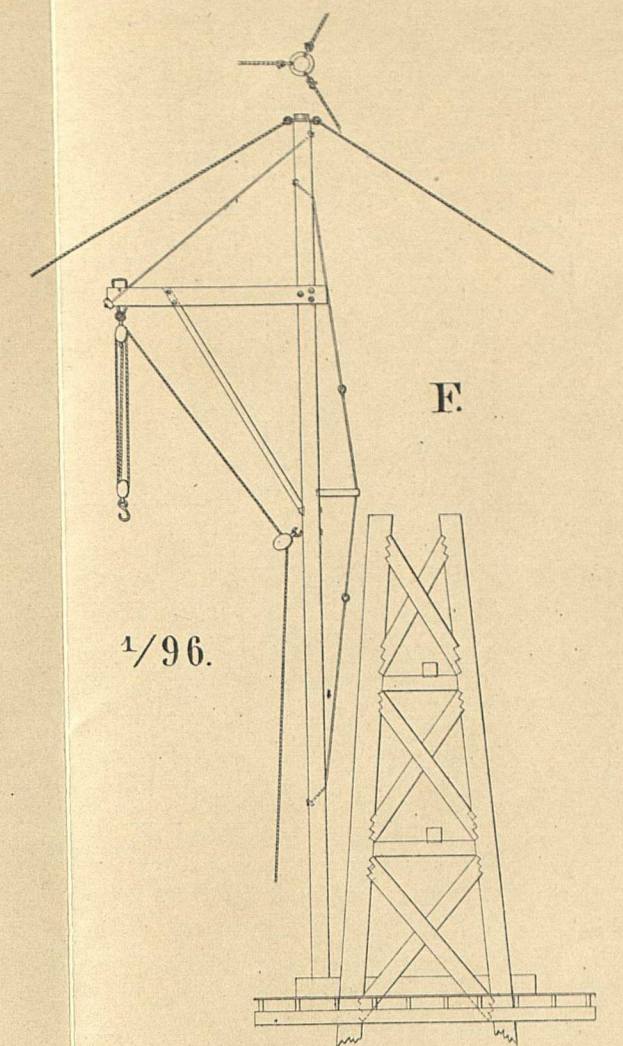
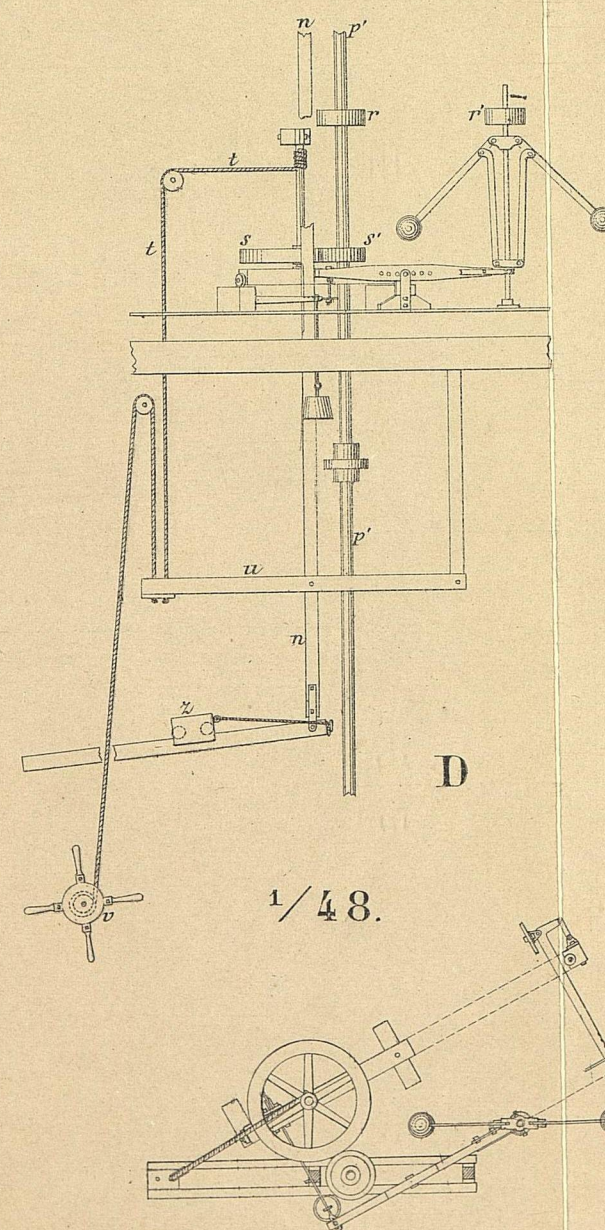
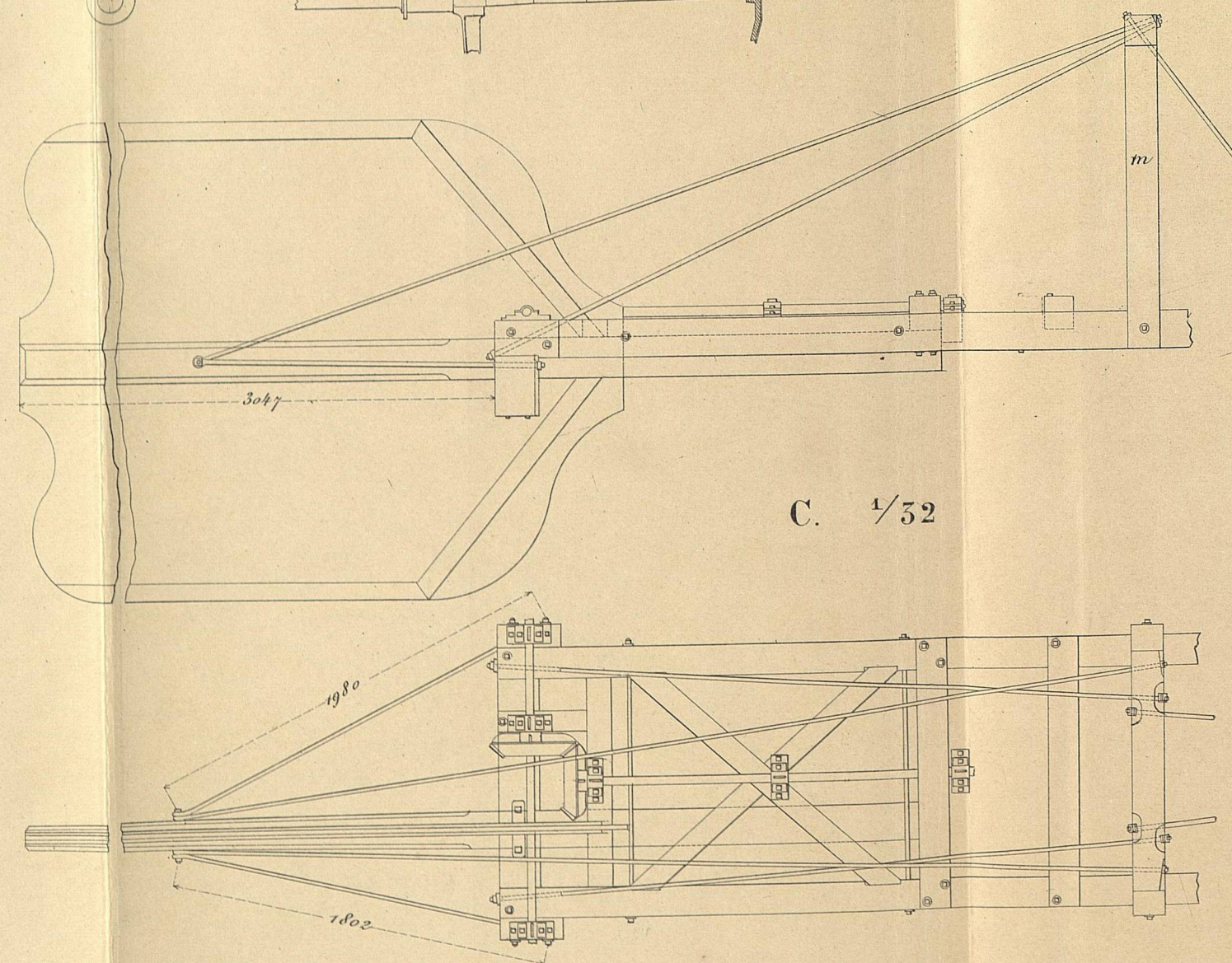
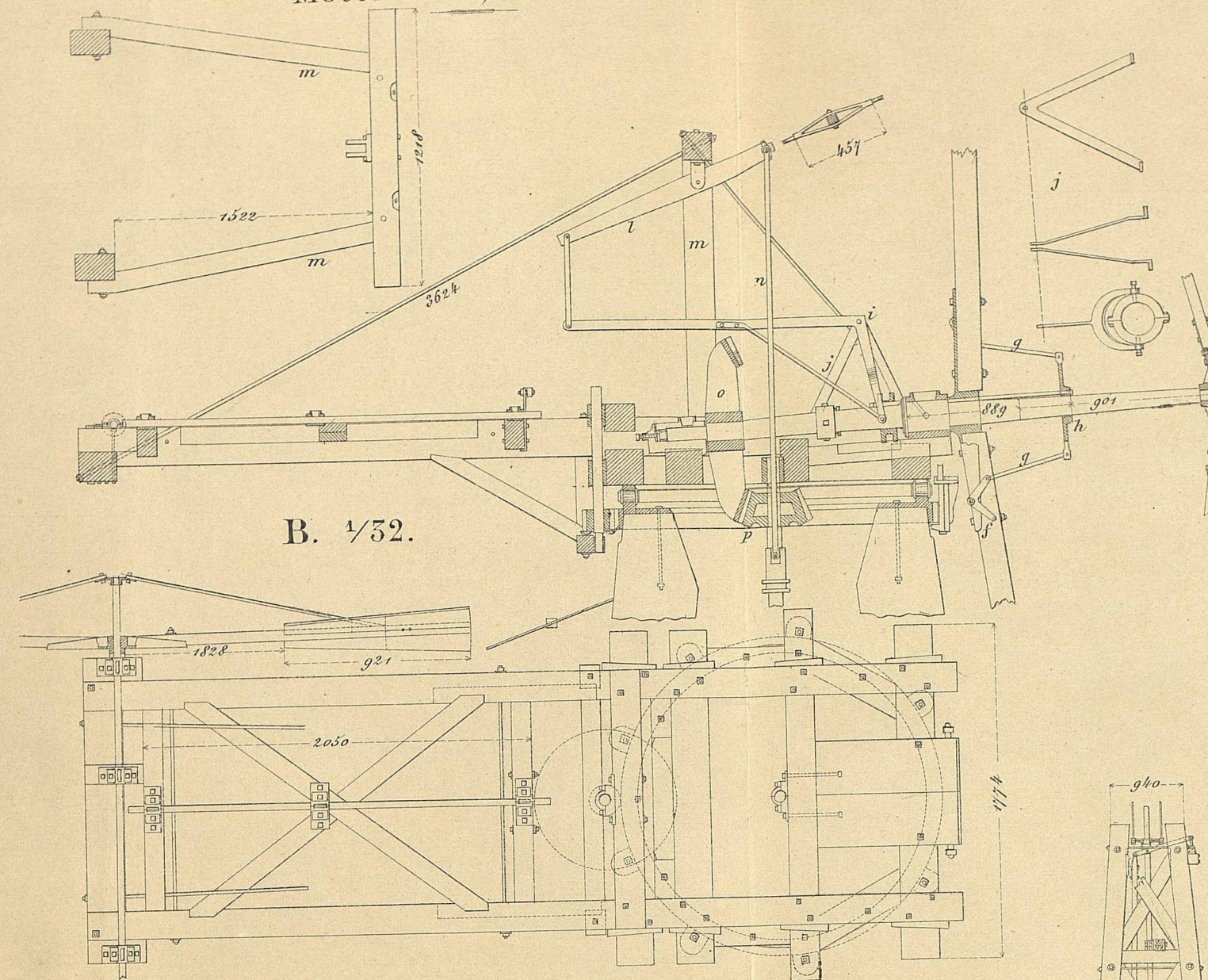
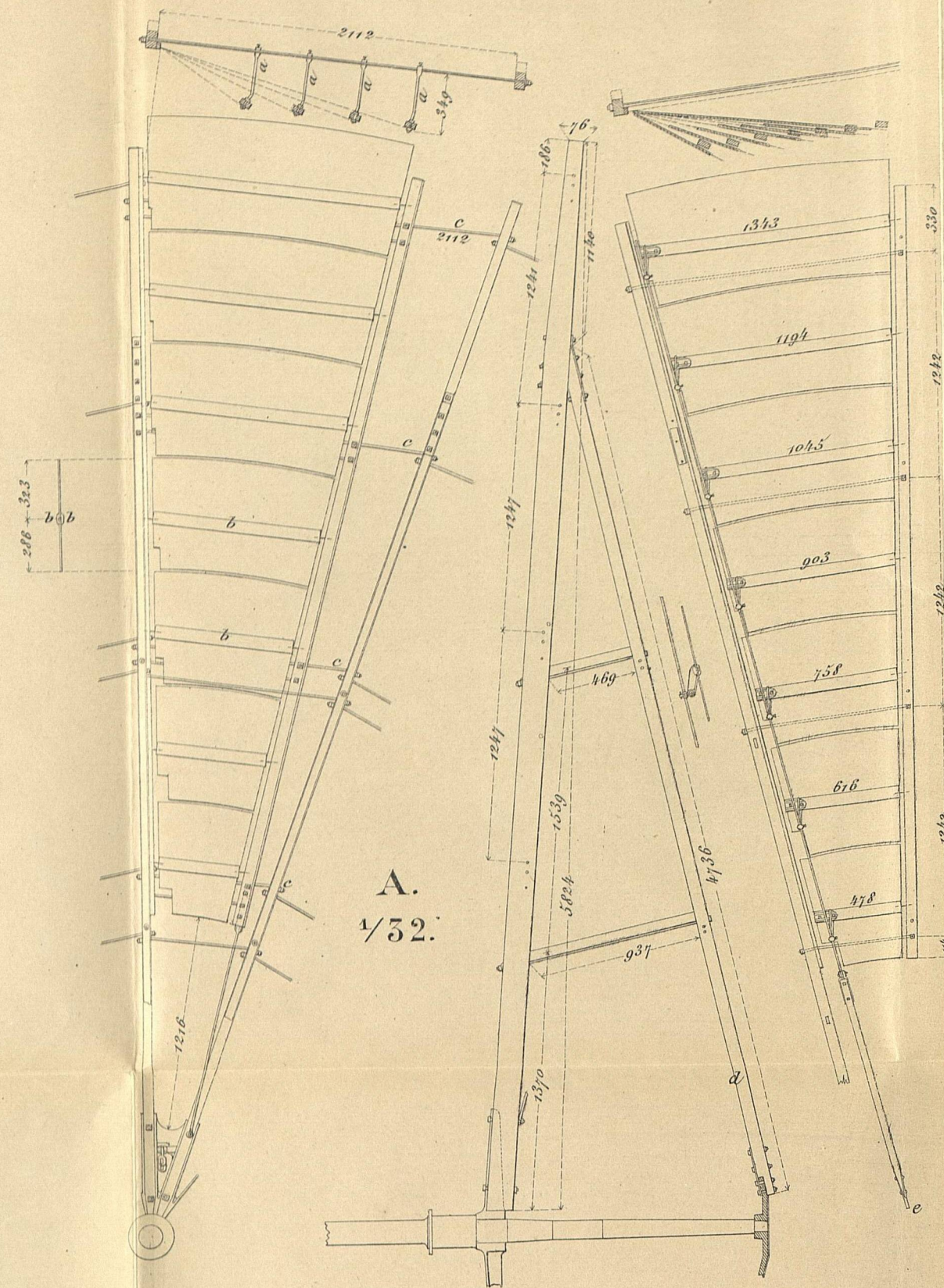
Los de sectores móviles producen mucho ruido, tienen demasiadas piezas sueltas, y por ende son más expuestos á roturas ó recomposiciones. En cambio su marcha es más uniforme en vientos moderados.

Los de rueda sólida son más fuertes; pero cuando la presión del viento tiende á ponerlos de canto, el trabajo es irregular y el peso de la rueda y timón á un costado, estropea los ajustes.

Nos limitamos á estas indicaciones temerosos de que otra cosa pareciera reclamo interesado, abrigando la esperanza de que nuestros industriales encuentren en las páginas anteriores datos bastantes para construir y popularizar en España el motor más económico y sencillo que existe.



SISTEMA WHEELER.
Motor de 12,19 m. diam^o.



Las dimensiones en milímetros.



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

